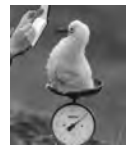


۱۵	اقليم پذيری آزمایشگاهی و اقليم پذيری طبيعي منجر به تغييرات
۱۵	فنونتيبی برگشت پذير می شود
۱۵	فيزيولوژی و تکامل
۱۶	سازگاری چیست؟
۱۶	همه تفاوتها، سازگاری تکاملی نیستند
۱۶	خویشاوندی تکاملی، مورفولوژی و فیزیولوژی را تحت تأثیر قرار می دهد
۱۷	خلاصه
۱۷	پرسش های ترکیبی
۱۸	برای مطالعه بیشتر

دوازده	مقدمه استاد
سیزده	پیش گفتار مترجمان
چهارده	درباره نویسندگان
پانزده	پیش گفتار نویسندگان

بخش اول مبانی سلولی فیزیولوژی جانوری

۲۰	فصل ۲ شیمی، بیوشیمی و فیزیولوژی سلولی
۲۲	نگاه کلی
۲۲	شیمی
۲۲	انرژی
۲۳	شبکه های غذایی انرژی را منتقل می کنند
۲۴	انرژی در گرادیان های الکتروشیمیایی ذخیره می شود
۲۴	انرژی گرمایی باعث حرکت مولکول ها می شود
۲۵	پیوندهای شیمیایی
۲۶	پیوندهای کووالانسی الکترون ها را به اشتراک می گذارند
۲۶	پیوندهای ضعیف ساختار ماکرومولکولی را کنترل می کنند
۲۷	پیوندهای ضعیف نسبت به دما حساس اند
۲۸	خواص آب
۲۸	خواص آب منحصر به فرد هستند
۲۹	مواد محلول بر خواص فیزیکی آب تأثیر می گذارند
۲۹	مواد محلول در آب به وسیله انتشار حرکت می کنند
۳۰	مواد محلول در سیستم های زیستی فشار اسمزی ایجاد می کنند
۳۱	تفاوت های اسمولاریته می تواند حجم سلول را تغییر دهد
۳۲	pH و یونیزاسیون آب
۳۲	خشتی بودن همیشه در pH هفت نیست
۳۲	اسیدها و بازها، pH آب را تغییر می دهند
۳۳	pH و دما، هر دو بر یونش مولکول های زیستی تأثیر می گذارند
۳۴	بافرها تغییرات pH را محدود می کنند
۳۵	بیوشیمی
۳۶	آنزیم ها
۳۶	آنزیم ها با کاهش انرژی فعال سازی، واکنش ها را تسریع می کنند



۲	فصل ۱ مقدمه ای بر اصول فیزیولوژی
۴	نگاه کلی
۴	فیزیولوژی: گذشته و حال
۵	خلاصه ای از تاریخ فیزیولوژی جانوری
۶	زیرشاخه های تحقیقات فیزیولوژی
۶	زیرشاخه های فیزیولوژی را می توان بر اساس تراز تشکیلات زیستی طبقه بندی کرد
۸	زیرشاخه های فیزیولوژی را می توان بر اساس فرایند ایجادکننده تنوع طبقه بندی کرد
۹	فیزیولوژی جانوری می تواند علمی محض یا کاربردی باشد
۹	■ کادر ۱.۱ روش ها و سیستم های مدل مدل های آگست کروگ در فیزیولوژی جانوری
۱۰	موضوع های وحدت بخش در فیزیولوژی
۱۰	فیزیک و شیمی: اساس فیزیولوژی
۱۰	مفاهیم علم مکانیک در شناخت عملکرد موجودات زنده به ما کمک می کنند
۱۱	پتانسیل های الکتریکی، بحثی اساسی در فیزیولوژی هستند
۱۱	الگوهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک تحت تأثیر اندازه بدن قرار می گیرند
۱۲	تنظیم فیزیولوژیک
۱۲	هومئوستازی حفظ ثبات داخلی است
۱۳	حلقه های فیدبکی، مسیرهای فیزیولوژیک را کنترل می کنند
۱۳	حلقه های فیدبک منفی عامل حفظ هومئوستازی هستند
۱۳	حلقه های فیدبک مثبت عامل بروز پاسخ های انفجاری هستند
۱۴	فنونتیپ، ژنوتیپ و محیط
۱۴	یک ژنوتیپ بیش از یک فنوتیپ را نشان می دهد

۳۷	■ کادر ۱.۲ مبانی ریاضی ترمودینامیک	اکسیژن و ATP تعادل میان گلیکولیز و فسفریلاسیون اکسیداتیو را
۳۸	کیتیک آنزیم خصوصیات آنزیمی را توضیح می‌دهد	کنترل می‌کنند
۴۰	محیط فیزیکیوشیمیایی، کیتیک آنزیم را تغییر می‌دهد	خصوصیات فیزیکی سوخت‌ها بر انتخاب آنها تأثیر می‌گذارد
۴۱	تنظیم آلوستریک و کووالانسی، سرعت آنزیم‌ها را کنترل می‌کنند	با محاسبه کسر تنفسی می‌توان نوع سوخت را تعیین کرد
۴۱	آنزیم‌ها مواد غذایی را جهت احیای انرژی تغییر می‌دهند	واسطه‌های پراترژ تعادل بین آنابولیسم و کاتابولیسم را تنظیم می‌کنند
۴۳	ATP حامل انرژی آزاد است	فیزیولوژی سلول
۴۴	<b>پروتئین‌ها</b>	<b>ساختار غشا</b>
۴۵	پروتئین‌ها پلیمرهای آمینواسیدی هستند	لیپیدها خصوصیات غشا را تحت تأثیر قرار می‌دهند
۴۵	پروتئین‌ها در اشکال سه‌بعدی چین خورده می‌شوند	غشاهای لیپیدی ناهمگن هستند
۴۷	چپرون‌های مولکولی به چین خوردگی پروتئین‌ها کمک می‌کنند	استرس محیطی می‌تواند سیالیت غشا را تغییر دهد
۴۷	<b>کربوهیدرات‌ها</b>	غشاها دارای پروتئین‌های سراسری و محیطی هستند
۴۷	جانوران برای تأمین انرژی و بیوسنتز از مونوساکاریدها استفاده می‌کنند	<b>انتقال از عرض غشاهای سلولی</b>
۴۸	کربوهیدرات‌های پیچیده، نقش‌های عملکردی و ساختاری زیادی را به عهده دارند	مولکول‌های محلول در لیپید به وسیله انتشار غیرفعال از عرض غشا عبور می‌کنند
۴۹	گلوکونوژنز گلوکز را از پیش‌سازهای غیر کربوهیدراتی می‌سازد	پروتئین‌های غشایی می‌توانند انتشار مولکول‌های نفوذناپذیر را تسهیل کنند
۵۰	گلیکولیز مسیری کم‌بازده و پرسرعت است	ترانسپورترهای فعال از انرژی برای پمپ‌کردن مولکول‌ها در خلاف جهت گرادیان‌ها استفاده می‌کنند
۵۱	میتوکندری‌ها، پیرووات و NADH گلیکولیتیک را در شرایط هوازی اکسید می‌کنند	<b>پتانسیل غشا</b>
۵۲	دهیدروژناز پایانی، NADH را در شرایط غیرهوازی اکسید می‌کند	سطح درونی غشا در حالت استراحت، الکترونگاتیو است
۵۳	<b>لیپیدها</b>	گرادیان‌های غلظت یونی و نفوذپذیری، پتانسیل غشا را تعیین می‌کنند
۵۴	اسیدهای چرب، زنجیره‌های آلفاتیک طولی هستند که از استیل کوآنزیم A تولید شده‌اند	پتاسیم نقش اساسی را در برقراری پتانسیل غشا بازی می‌کند
۵۵	اسیدهای چرب در بتا-اکسیداسیون میتوکندریایی اکسید می‌شوند	سدیم - پتاسیم آدنوزین تری فسفاتاز گرادیان‌های غلظتی را برقرار می‌کند
۵۶	اسیدهای چرب می‌توانند به اجسام کتونی تبدیل شوند	■ کادر ۳.۲ مبانی ریاضی تساوی گلدمن
۵۷	تری گلیسرید، شکل اصلی ذخیره لیپید است	تغییرات در نفوذپذیری غشا، پتانسیل غشا را تغییر می‌دهد
۵۸	فسفولیپیدها بیشتر در غشاهای زیستی یافت می‌شوند	سازماندهی درون سلولی
۵۹	استروئیدها دارای ساختار حلقوی چندگانه هستند	میتوکندری‌ها نیروگاه‌های سلولی هستند
۵۹	<b>متابولیسم میتوکندریایی</b>	اسکلت سلولی، شکل سلولی را کنترل و جابه‌جایی درون سلولی را جهت‌دهی می‌کند
۶۰	چرخه TCA از استیل کوآنزیم A برای تولید معادل‌های احیاکننده استفاده می‌کند	شبکه آندوپلاسمی و دستگاه گلژی، عبور و زیکول‌ها را میانجی‌گری می‌کنند
۶۱	ETS گرادیان پروتون، گرما و انواع رادیکال آزاد اکسیژن تولید می‌کند	ماتریکس خارج سلولی برهم‌کنش‌های بین سلول‌ها را میانجی‌گری می‌کند
۶۲	$F_1F_0$ آدنوزین تری فسفاتاز از نیروی محرکه پروتونی برای ساختن ATP استفاده می‌کند	<b>ژنتیک و ژنومیک فیزیولوژیک</b>
۶۳	کراتین فسفوکیناز انتقال انرژی و ذخایر آن را افزایش می‌دهد	نوکلئیک اسیدها پلیمرهای نوکلئوتیدها هستند
۶۳	<b>انتلاف مسیرهای متابولیسم انرژی</b>	DNA ماریچ مضاعف آلفاهلیکس است که در کروموزوم‌ها قرار گرفته است
۶۴	■ کادر ۲.۲ روش‌ها و سیستم‌های مدل سرعت متابولیسم	DNA در ژنوم سازماندهی می‌شود



۱۶۷	نورون‌های حرکتی مهره‌داران، میلین دار هستند	۱۳۳	اعمال انسولین اساس فیدبک منفی را نشان می‌دهد
۱۶۷	آکسون‌ها پتانسیل‌های عمل را به صورت یک‌سویه هدایت می‌کنند	۱۳۴	انواع مختلف کنترل فیدبکی می‌توانند گلوکز خون را تنظیم کنند
۱۶۸	فرکانس پتانسیل عمل اطلاعات با خود حمل می‌کند	۱۳۴	■ کادر ۳.۳ کاربردها ارتباط سلول به سلول و دیابت
۱۶۹	انتقال سیگنال در عرض سیناپس شیمیایی	۱۳۵	انسولین و گلوکاگون اساس کنترل آنتاگونیستی را نشان می‌دهند
۱۶۹	کلسیم درون سلولی، رهاسازی نوروترانسمیتر را تنظیم می‌کند	۱۳۶	هورمون‌ها می‌توانند اثر افزایشی و توأم را نشان دهند
۱۷۰	فرکانس پتانسیل عمل، رهاسازی نوروترانسمیتر را تحت تأثیر قرار می‌دهد		هورمون‌های هیپرگلیسمی، گلوکز خارج سلولی را در بندپایان کنترل می‌کنند
	استیل کولین، نوروترانسمیتر اصلی در محل اتصال عصب - عضله	۱۳۷	
۱۷۰	مهره‌داران است	۱۳۸	<b>پاسخ به استرس در مهره‌داران</b>
۱۷۰	سیگنال‌رسانی به وسیلهٔ آنزیم استیل کولین استراز خاتمه می‌یابد	۱۳۹	محرک‌های استرس‌زا، دستگاه عصبی سمپاتیک را فعال می‌کنند
۱۷۱	سلول‌های پس سیناپسی، رسپتورهای ویژه‌ای را بیان می‌کنند	۱۳۹	دستگاه عصبی سمپاتیک، بخش مرکزی غدهٔ فوق کلیوی را تحریک می‌کند
۱۷۲	مقدار نوروترانسمیتر و فعالیت رسپتور بر قدرت سیگنال تأثیر می‌گذارد	۱۳۹	محور هیپوتالامو-هیپوفیزی، قشر غدهٔ فوق کلیوی را تحریک می‌کند
۱۷۳	تنوع در سیگنال‌رسانی نورونی	۱۴۰	ساختار بافت غدهٔ فوق کلیوی در مهره‌داران مختلف، متفاوت است
۱۷۳	<b>تنوع ساختاری نورون‌ها</b>	۱۴۱	<b>تکامل سیستم‌های آندوکراین</b>
۱۷۳	نورون‌ها را می‌توان براساس عملکرد طبقه‌بندی کرد		خلاصه
۱۷۴	نورون‌ها را می‌توان براساس ساختارشان طبقه‌بندی کرد	۱۴۳	پرسش‌های مروری
۱۷۶	نورون‌ها با سلول‌های گلیا همراه هستند	۱۴۵	پرسش‌های ترکیبی
۱۷۷	<b>انواع هدایت سیگنال</b>	۱۴۵	پرسش‌های محاسباتی
	بیان کانال‌های یونی در پیچ‌دار وابسته به ولتاژ توسط ژن‌های متعددی	۱۴۶	برای مطالعهٔ بیشتر
۱۷۷	صورت می‌گیرد	۱۴۶	
۱۷۸	■ کادر ۲.۴ تکامل و تنوع تکامل غلاف‌های میلینی		
	کانال‌های کلسیمی در پیچ‌دار وابسته به ولتاژ نیز می‌توانند در	۱۴۸	<b>فصل ۴ ساختار و عملکرد نورون‌ها</b>
۱۸۰	پتانسیل‌های عمل دخالت داشته باشند		
۱۸۰	سرعت هدایت در بین آکسون‌ها متفاوت است		نگاه کلی
۱۸۰	خصوصیات الکتریکی آکسون بر جریان الکتریکی تأثیر دارد	۱۵۰	سیگنال‌رسانی در نورون حرکتی مهره‌داران
۱۸۲	مقاومت درون سلولی و مقاومت غشا بر سرعت هدایت تأثیر دارد	۱۵۱	<b>سیگنال‌های الکتریکی در نورون‌ها</b>
۱۸۳	ظرفیت غشا بر سرعت هدایت تأثیر دارد	۱۵۲	<b>معادلهٔ گلدمن، پتانسیل استراحت غشا را توصیف می‌کند</b>
۱۸۵	آکسون‌های غول‌پیکر سرعت هدایت زیادی دارند	۱۵۳	کانال‌های یونی در پیچ‌دار این امکان را به نورون‌ها می‌دهند تا
۱۸۶	■ کادر ۳.۴ روش‌ها و سیستم‌های مدل آکسون غول‌پیکر اسکولید	۱۵۳	پتانسیل‌های غشای خود را تغییر دهند
۱۸۷	نورون‌های میلین دار در مهره‌داران ظاهر شدند	۱۵۴	■ کادر ۱.۴ روش‌ها و سیستم‌های مدل مطالعهٔ کانال‌های یونی
۱۸۸	میلین‌سازی، سرعت هدایت را افزایش می‌دهد	۱۵۵	<b>سیگنال‌ها در دندریت‌ها و جسم سلولی</b>
۱۸۸	<b>تنوع انتقال سیناپسی</b>	۱۵۵	دامنهٔ پتانسیل‌های مدرج متغیر است
۱۸۸	سیناپس‌های الکتریکی و شیمیایی، نقش‌های متفاوتی بازی می‌کنند	۱۵۷	پتانسیل‌های مدرج، سیگنال‌هایی هستند که مسافت کوتاه دارند
۱۹۰	سیناپس‌های شیمیایی تنوع ساختاری دارند	۱۵۷	پتانسیل‌های مدرج جهت شلیک پتانسیل‌های عمل با یکدیگر جمع می‌شوند
۱۹۱	انواع زیادی نوروترانسمیتر وجود دارد	۱۵۸	<b>سیگنال‌ها در آکسون</b>
۱۹۲	نوروترانسمیترها ممکن است تحریکی یا مهارتی باشند	۱۶۰	کانال‌های در پیچ‌دار وابسته به ولتاژ، پتانسیل عمل ایجاد می‌کنند
۱۹۳	رسپتورهای نوروترانسمیتر می‌توانند یونوتروپیک یا متابوتروپیک باشند	۱۶۱	کانال‌های سدیمی در پیچ‌دار وابسته به ولتاژ، دو در پیچ دارند
۱۹۳	رسپتورهای استیل کولین، یونوتروپیک یا متابوتروپیک هستند	۱۶۲	
		۱۶۵	پتانسیل‌های عمل، سیگنال‌ها را در مسافت‌های طولانی منتقل می‌کنند

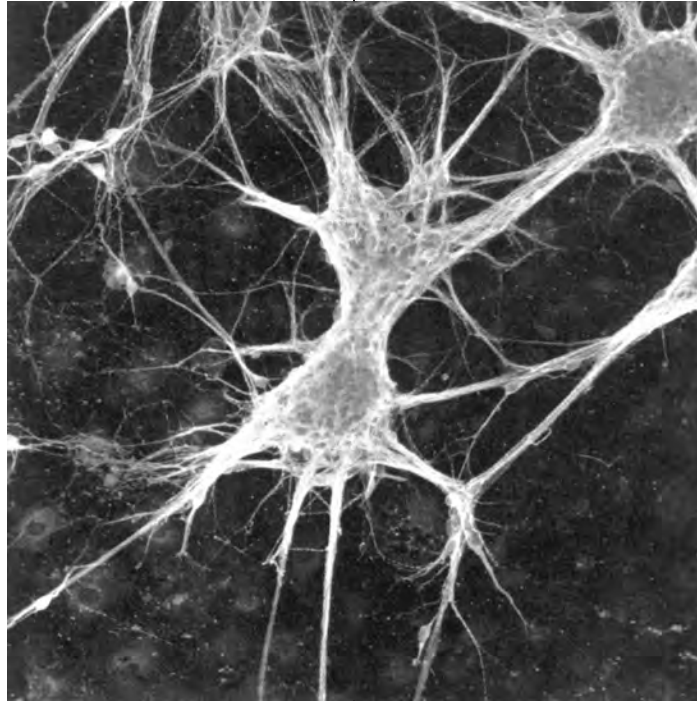
- ۱۹۵ آمین‌های بیوزنیک نقش‌های فیزیولوژیک متعدد دارند
- ۱۹۷ نورون‌ها می‌توانند بیش از یک نوع نوروترانسمیتر تولید کنند
- ۱۹۷ رهاسازی نوروترانسمیتر بسته به موقعیت فیزیولوژیک، متفاوت است
- تکامل نورون‌ها**
- ۱۹۸ کانال‌های سدیمی درچه‌دار وابسته به ولتاژ، منحصراً در جانوران یافت می‌شوند
- ۱۹۹ بیشتر موجودات زنده برای ارتباط سلول به سلول از مواد شیمیایی استفاده می‌کنند
- ۲۰۰ خلاصه
- ۲۰۱ پرسش‌های مروری
- ۲۰۱ پرسش‌های ترکیبی
- ۲۰۲ پرسش‌های محاسباتی
- ۲۰۲ برای مطالعه بیشتر
- فصل ۵ حرکت سلولی و عضلات**
- ۲۰۴
- ۲۰۶ نگاه کلی
- ۲۰۷ اسکلت سلولی و پروتئین‌های حرکتی
- ۲۰۷ میکروتوبول‌ها
- ۲۰۷ میکروتوبول‌ها از آلفا - توبولین و بتا - توبولین تشکیل شده‌اند
- ۲۰۹ میکروتوبول‌ها ناپایداری دینامیک دارند
- ۲۱۱ قطبیت میکروتوبول تعیین‌کننده جهت حرکت است
- ۲۱۲ ■ کادر ۱.۵ تکامل و تنوع سازگاری گرمایی در میکروتوبول‌ها
- ۲۱۲ کاینزین و داینین در طول میکروتوبول‌ها حرکت می‌کنند
- ۲۱۳ مژک‌ها و تازک‌ها از میکروتوبول تشکیل شده‌اند
- میکروفیلان‌ها**
- ۲۱۴ میکروفیلان‌ها پلیمرهایی از اکتین هستند
- ۲۱۵ پلیمریزاسیون اکتین می‌تواند موجب حرکت شود
- ۲۱۶ اکتین از میوزین به‌عنوان پروتئین حرکتی استفاده می‌کند
- ۲۱۷ مدل سرخوردن فیلامان می‌تواند فعالیت اکتین - میوزین را توصیف کند
- ۲۱۸ واحد جابه‌جایی و چرخه کار بر فعالیت میوزین تأثیر می‌گذارد
- ۲۲۰ ساختار عضله و تنظیم انقباض
- ۲۲۲ ساختار دستگاه انقباضی عضله مخطط مهره‌داران
- ۲۲۴ فیلامان‌های ضخیم و نازک عضله مخطط در سارکومر سازماندهی می‌شوند
- ۲۲۶ میوزین II چرخه کار و واحد جابه‌جایی منحصر به فرد دارد
- ۲۲۶ تشکیلات سارکومری، ویژگی‌های انقباضی سلول عضلانی را تعیین می‌کند
- ۲۲۸ ■ کادر ۲.۵ ژنتیک و ژنومیک تکوین و تمایز عضله
- ۲۲۹ انقباض و شل شدن در عضله مخطط مهره‌داران
- ۲۳۰ پروتئین‌های فیلامان نازک منشأ حساسیت عضله اسکلتی به  $Ca^{2+}$  هستند
- کمپلکس تروپونین - تروپومیوزین می‌تواند کینتیک‌های انقباضی را تحت تأثیر قرار دهد
- ۲۳۲ فیلامان‌های ضخیم نیز ویژگی‌های انقباضی را تحت تأثیر قرار می‌دهند
- ۲۳۳ ■ کادر ۳.۵ مبانی ریاضی تغییرات سارکومری هنگام تولید نیرو و کوتاه شدن
- ۲۳۴ انقباض عضله می‌تواند نیرو تولید کند
- ۲۳۵ اکستیناسیون و مزدوج شدن اکستیناسیون - انقباض در عضله مخطط مهره‌داران
- ۲۳۶ عضلات به وسیله پتانسیل عمل تحریک می‌شوند
- ۲۳۸ سلول‌های عضلانی میوزنیک خود به خود دپلاریزه می‌شوند
- ۲۳۸ عضله نوروزنیک به وسیله نوروترانسمیترها تحریک می‌شود
- ۲۳۹ عضلات تونیک دارای اعصاب متعددی هستند
- ۲۳۹ T-توبول‌ها نفوذ پتانسیل عمل به داخل میوسیت را تشدید می‌کنند
- $Ca^{2+}$  مورد نیاز برای انقباض از ذخایر درون سلولی و خارج سلولی تأمین می‌شود
- ۲۴۰ فعالیت رستپورهای دی‌هیدروپیرییدینی باعث القای رهاسازی  $Ca^{2+}$  از شبکه سارکوپلاسمی می‌شود
- ۲۴۱ شل شدن به دنبال جمع‌آوری  $Ca^{2+}$  از سطح سیتوپلاسم رخ می‌دهد
- عضله صاف**
- ۲۴۲ عضله صاف فاقد سارکومرهای سازمان‌یافته است
- ۲۴۵ انقباض عضله صاف به وسیله پروتئین‌های فیلامان ضخیم و نازک تنظیم می‌شوند
- ۲۴۵ پل‌های عرضی چفتی باعث حفظ طولانی مدت انقباض عضله صاف می‌شوند
- ۲۴۸ تنوع عضله در مهره‌داران و بی‌مهرگان
- ۲۴۸ تنوع فیزیولوژیک و تکوینی در عضله مخطط مهره‌داران
- ۲۴۸ جانوران برای ساختن عضلات از فیبرهای متنوعی استفاده می‌کنند
- ۲۴۸ افراد در پاسخ به شرایط متغیر، نوع فیبر را تغییر می‌دهند
- ۲۵۰ عضلات صوتی انقباضاتی سریع ولی با نیروی کم تولید می‌کنند
- ۲۵۰ اندام‌های حرارتی و اندام‌های الکتریکی، انواعی از عضلات تغییر یافته هستند
- عضلات بی‌مهرگان**
- ۲۵۲ بی‌مهرگان عضله صاف، مخطط عرضی یا مخطط مورب دارند
- عضلات بی‌مهرگان در پاسخ به پتانسیل‌های پس‌سیناپسی تحریکی مدرج، منقبض می‌شوند
- ۲۵۲ عضلات پروازی ناهمگام حشرات از تغییر غلظت  $Ca^{2+}$  استفاده نمی‌کنند
- ۲۵۳ عضلات گیرنده در نرم‌تنان، انقباض را برای طولانی مدت حفظ می‌کنند

۲۷۶	سیستم چشایی	۲۵۶	خلاصه
۲۷۶	جوانه‌های چشایی، رسپتورهای چشایی مهره‌داران‌اند	۲۵۷	پرسش‌های مروری
	رسپتورهای چشایی مهره‌داران از مکانیسم‌های متفاوتی برای انتقال	۲۵۸	پرسش‌های ترکیبی
۲۷۷	سیگنال استفاده می‌کند	۲۵۸	پرسش‌های محاسباتی
	کدگذاری اطلاعات در سیستم‌های بویایی و چشایی با یکدیگر	۲۵۸	برای مطالعه بیشتر
۲۷۹	متفاوت است		
۲۷۹	احساس مزه در مهره‌داران و بی‌مهرگان متفاوت است	۲۶۱	<b>بخش دوم هماهنگی سیستم‌های فیزیولوژیک</b>
۲۸۰	حس مکانیکی		
۲۸۰	رسپتورهای لمس و فشار	فصل ۶	
۲۸۱	رسپتورهای لامسه پراکنش زیادی دارند	۲۶۲	سیستم‌های حسی
۲۸۲	رسپتورهای وضعیت مهره‌داران، وضعیت بدن را کنترل می‌کنند		
۲۸۲	حشرات رسپتورهای لامسه و رسپتورهای وضعیت متنوعی دارند	۲۶۴	نگاه کلی
۲۸۳	تعادل و شنوایی	۲۶۴	ویژگی‌های عمومی حواس
۲۸۴	استاتوسیسست‌ها اندام حفظ تعادل بی‌مهرگان هستند	۲۶۶	طبقه‌بندی سلول‌های رسپتور حسی
۲۸۴	حشرات از چند نوع اندام برای شنوایی استفاده می‌کنند		
۲۸۵	اندام‌های شنوایی و تعادل مهره‌داران، دارای سلول‌های مژکدار هستند	۲۶۶	سلول‌های رسپتور را می‌توان بر پایه موقعیت یا مودالیتیه محرک
۲۸۸	رابط‌های رأسی برای انتقال حس مکانیکی حیاتی‌اند		طبقه‌بندی کرد
۲۸۸	سلول‌های مژکدار در خط جانبی و گوش ماهی وجود دارند	۲۶۶	سلول‌های رسپتور ممکن است بیش از یک مودالیتیه محرک را
۲۸۹	گوش مهره‌داران در شنوایی و تعادل نقش دارد		تشخیص دهند
۲۸۹	دستگاه دهلیزی، اندام تعادلی مهره‌داران است	۲۶۷	<b>کد کردن محرک در سیستم‌های حسی</b>
۲۹۳	گوش داخلی صدا را تشخیص می‌دهد	۲۶۷	مسیرهای حسی، مودالیتیه محرک را کدگذاری می‌کنند
	گوش‌های داخلی، میانی و خارجی مهره‌داران خشکی‌زی در	۲۶۷	میدان‌های پذیرای حسی، اطلاعاتی درباره موقعیت مکانی محرک
۲۹۳	حس شنوایی دخالت دارند		فراهم می‌کنند
۲۹۴	گوش داخلی پستانداران برای تشخیص صدا تخصص یافته است	۲۶۹	رسپتورهای حسی محدوده‌ای دینامیک دارند
۲۹۵	سلول‌های مژکدار خارجی، صداها را تقویت می‌کنند		بین محدوده دینامیک و دقت تشخیص شدت محرک، توازن
۲۹۵	گوش می‌تواند موقعیت صدا را تشخیص دهد	۲۶۹	وجود دارد
۲۹۶	■ کادر ۱.۶ تکامل و تنوع حس الکتریکی	۲۷۰	تقسیم‌بندی محدوده دقت تشخیص شدت محرک را افزایش می‌دهد
۲۹۶	حس بینایی		اندام‌های حسی ممکن است محدوده دینامیک بسیار وسیعی
۲۹۷	رسپتورهای نوری	۲۷۰	داشته باشند
۲۹۷	ساختار سلول‌های رسپتور نوری در جانوران متفاوت است		بسیاری از رسپتورها سیگنال‌ها را به صورت لگاریتمی کدگذاری
۲۹۹	پستانداران دو نوع سلول رسپتور نوری دارند	۲۷۱	می‌کنند
۳۰۰	کروموفورها جذب نور توسط رسپتورهای نوری را ممکن می‌سازند	۲۷۱	رسپتورهای تونیک و فازیک، مدت زمان تحریک را کدگذاری می‌کنند
۳۰۱	مکانیسم‌های انتقال نور در موجودات زنده متفاوت است	۲۷۲	حس شیمیایی
۳۰۱	ساختار و عملکرد چشم	۲۷۲	سیستم بویایی
۳۰۵	در مهره‌داران ساختار چشم با عملکرد آن ارتباط دارد	۲۷۲	سیستم بویایی مهره‌داران می‌تواند هزاران بو را از یکدیگر تشخیص دهد
۳۰۵	■ کادر ۲.۶ ژنتیک و ژنومیک شباهت مولکولی چشم‌های مختلف	۲۷۳	رسپتورهای بویایی از نوع رسپتورهای مزدوج شده به G-پروتئین هستند
۳۰۶	عدسی نور را روی شبکیه متمرکز می‌کند	۲۷۴	یک سیستم حس شیمیایی دیگر، فرومون‌ها را تشخیص می‌دهد
		۲۷۵	مکانیسم‌های بویایی بی‌مهرگان با مهره‌داران متفاوت‌اند



۳۴۱	تالاموس نوعی ایستگاه تقویت کننده است	۳۰۷	شبکیه مهره داران چندین لایه دارد
۳۴۱	قشر مغز اطلاعات را جمع آوری و تفسیر می کند		اطلاعات به دست آمده از سلول های استوانه ای و مخروطی به طور
۳۴۴	دستگاه عصبی محیطی	۳۰۸	متفاوتی پردازش می شوند
۳۴۴	مسیرهای خودمختار	۳۰۹	پردازش سیگنال در شبکیه، کتر است را افزایش می دهد
۳۴۵	شاخه های سمپاتیک و پاراسمپاتیک در کنار یکدیگر باعث حفظ	۳۱۱	مغز، سیگنال بینایی را پردازش می کند
۳۴۵	هومئوستازی می شوند	۳۱۲	دید رنگی نیازمند انواع مختلفی از رسیپتورهای نوری است
۳۴۵	مسیرهای خودمختار ویژگی های مشترک دارند	۳۱۴	■ کادر ۳.۶ تکامل و تنوع تکامل دید سه رنگی در پرمات ها
۳۴۷	آناتومی شاخه های اعصاب سمپاتیک با پاراسمپاتیک متفاوت است	۳۱۴	حس گرما
۳۴۹	برخی اندام های اجرایی فقط عصب دهی سمپاتیک دارند	۳۱۵	حس مغناطیس
۳۴۹	■ کادر ۲.۷ کاربردها زیرگونه های رسیپتور و طراحی دارو	۳۱۶	سیستم های هماهنگ کننده: سیستم های حسی و ریتم های شبانه روزی
۳۵۰	دستگاه عصبی مرکزی، دستگاه عصبی خودمختار را تنظیم می کند	۳۱۸	خلاصه
۳۵۱	مسیرهای حرکتی پیکری	۳۲۰	پرسش های مروری
۳۵۲	اعمال هماهنگ کننده دستگاه های عصبی	۳۲۰	پرسش های ترکیبی
۳۵۳	هماهنگی رفتار	۳۲۱	پرسش های محاسباتی
۳۵۳	قوس های رفلکسی، بسیاری از رفتارهای غیرارادی را کنترل می کنند	۳۲۱	برای مطالعه بیشتر
۳۵۴	مولدهای الگو آغاز کننده رفتارهای ریتمی اند		
۳۵۵	مولدهای الگو، رفتار شنا کردن زالو را کنترل می کنند		
۳۵۶	مولدهای الگو و رفلکس ها در حرکت کردن تتراپودها دخالت دارند		
۳۵۷	مغز حرکات ارادی را هماهنگ می کند		
۳۵۸	یادگیری و حافظه		
۳۵۸	بی مهرگان یادگیری و حافظه ساده دارند	۳۲۴	فصل ۷ سازماندهی عملکردی دستگاه های عصبی
۳۶۱	هیپوکامپ پستانداران نقش مهمی در تشکیل حافظه دارد		
۳۶۳	سیستم های هماهنگ کننده: استرس و مغز	۳۲۶	نگاه کلی
۳۶۴	خلاصه	۳۲۷	سازماندهی دستگاه های عصبی
۳۶۶	پرسش های مروری	۳۲۸	تکامل دستگاه های عصبی
۳۶۶	پرسش های ترکیبی	۳۲۸	پدیده سرزایی در جانورانی با تقارن دوطرفه وجود دارد
۳۶۶	برای مطالعه بیشتر	۳۳۰	دستگاه عصبی مرکزی مهره داران در پوششی محافظ محصور است
		۳۳۰	اعصاب مغزی و نخاعی در دستگاه عصبی مرکزی تشکیل سیناپس می دهند
		۳۳۲	دستگاه عصبی مرکزی از دیگر بخش های بدن مجزا است
		۳۳۳	مغز مهره داران سه منطقه اصلی دارد
		۳۳۴	اندازه و ساختار مغز در مهره داران مختلف، متفاوت است
۱ پ	پیوست الف: سیستم بین المللی واحدها	۳۳۷	ساختار و عملکرد مغز پستانداران
۳ پ	پیوست ب: لگاریتم ها	۳۳۷	مغز عقبی اعمال اصلی را پشتیبانی می کند
۴ پ	پیوست ج: توابع خطی، نمایی، توان و آلومتریک	۳۳۸	مغز میانی پستانداران بسیار کوچک شده است
۶ پ	مراجع	۳۳۸	فرایندهای پیچیده به وسیله مغز جلویی کنترل می شوند
۹ پ	واژه نامه فارسی / انگلیسی	۳۳۹	■ کادر ۱.۷ کاربردها سندروم دوپاره مغز یا مغز دونیمه شده
۳۱ پ	نمایه	۳۴۰	هیپوتالاموس هومئوستازی را حفظ می کند
		۳۴۰	سیستم لیمبیک روی حالات عاطفی و هیجانی تأثیر دارد

# بخش اول



## مبانی سلولی فیزیولوژی جانوری

و نیز مقایسه آنها با ساختارهای مکانیکی استفاده می‌کنند. یکی از شگفتی‌های فیزیولوژی، یگانگی در عین گوناگونی است یعنی حتی غیر معمول‌ترین صفات موجودات از برخی جهات بسیار مشابه یکدیگرند.

بخش اول این کتاب به این موضوع اختصاص دارد که چگونه فرایندهای مولکولی و سلولی، زیربنای فیزیولوژی را ایجاد می‌کنند. همان‌طور که جانور از واحدهای سلولی به‌وجود آمده است، فیزیولوژی نیز از واحدهای مولکولی و سلولی ساخته شده است. در فصل اول، علم فیزیولوژی معرفی می‌شود و در مورد منشأ تنوع از دیدگاه فیزیولوژی بحث می‌شود. فصل دوم اساس عملکرد سلولی را مرور می‌کند: تأثیر نیروهای شیمیایی و فیزیکی بر عملکرد فیزیولوژیک و پایه‌های بیوشیمیایی و زیست‌شناختی سلولی. هر چند بسیاری از این اصول سلولی، در میان گیاهان، قارچ‌ها و جانوران، یکسان‌اند، ولی به سه علت عمده عملکرد سلول‌های جانوری از دیگر یوکاریوت‌ها مجزاست: ارتباط‌های سلولی، عضلات و نورون‌ها. در فصل سوم راه‌های پیچیده ارتباط سلول‌ها و بافت‌های جانوری با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است. نورون‌ها (فصل چهارم) و سلول‌های عضلانی (فصل پنجم) فقط در جانوران وجود دارند و پایه همه سیستم‌های فیزیولوژیک هستند. در دو فصل آخر این بخش نقش این سلول‌های منحصر به فرد جانوری در سیستم‌های پیچیده فیزیولوژیک بررسی شده و به‌ویژه نحوه عملکرد این سلول‌ها و چگونگی پیدایش تنوع در خصوصیات آنها در طول تکامل مورد بحث قرار گرفته است. ©

جی. جی. ساکس (J. G. Saxe) شاعر کلاسیک امریکایی در شعری آورده است که شش مرد نابینا در پی کشف شگفتی فیل بودند. نفر اول به پهلوئی فیل دست زد و دیواری را تصور کرد، دومین نفر با در دست گرفتن عاج فیل به یاد نیزه افتاد. مرد سوم که خرطوم فیل را لمس کرده بود، گمان برد که مار است. در این میان مرد چهارم که پای فیل را در دست داشت با خود اندیشید که باید درخت باشد. پنجمین نفر با لمس گوش فیل، حدس زد که بادبزنی است، و نفر آخر با گرفتن دم فیل طنابی را در ذهن مجسم کرد.\* منظور ساکس این بود که تنها راه درک موضوعی پیچیده، بررسی آن از زوایای گوناگون است. یادگیری فیزیولوژی همانند این شعر نیازمند تحقیق از جنبه‌های مختلف علوم مانند فیزیک، شیمی، ریاضی، مهندسی، ژنتیک، زیست‌شناسی سلولی، اکولوژی و تکامل است. مفهوم دیگری که از این شعر برداشت می‌شود و مرتبط با فیزیولوژیست‌ها نیز هست این حقیقت است که حتی غیر عادی‌ترین ویژگی‌های جانوران از بسیاری جهات ملموس و آشنایند. در واقع این مردان نابینا درک کاملی داشتند. پهلوئی فیل واقعاً مشابه دیوار است، خرطومش شبیه مار حرکت می‌کند، عاج آن همانند نیزه کاربرد دارد و دم آن نیز به طناب شباهت دارد. در اغلب موارد، فیزیولوژیست‌ها برای درک ساختار و عملکرد جانوران، از بررسی هم‌ساختاری در جانوران مختلف

\* جان گادفری ساکس (۱۸۸۷-۱۸۱۶) در واقع روایت‌کننده این تمثیل شرقی برای مخاطبان غربی خود بوده است. این داستان تمثیلی عارفانه که ریشه در آیین‌های چین، هندو و بودایی دارد، به فرهنگ ما نیز راه یافته و در مثنوی مولوی و حدیقه‌الحقیقه سنایی نیز نقل شده است. - و.



## فصل

## ۱



## مقدمه‌ای بر اصول فیزیولوژی

به تدریج تیم‌های چند منظوره بین‌المللی از محققان تشکیل شد تا موضوع‌های جهانی دست‌نیافتنی بررسی شوند. سهولت مسافرت و رشد شرکت‌های تحقیقاتی بین‌المللی، این فرصت را به‌وجود آورد تا فیزیولوژیست‌ها بتوانند جانوران ناشناخته محیط‌های دوردست را مورد مطالعه قرار دهند. در همین دوران بود که فیزیولوژیستی مشهور به نام دکتر

در دهه ۱۹۶۰ به چند علت، تحقیق در زمینه فیزیولوژی به اوج خود رسید. توسعه تکنولوژی‌های مختلف، از پزشکی هسته‌ای تا ژنتیک مولکولی، راه‌های جدیدی را برای مطالعه تنوع جانوران هموار کرد. مطالعات جمعیت‌شناختی منجر به استخدام تعداد زیادی از دانشمندان دانشگاهی شد که یکی از نتایج آن پرورش جمع‌کثیری از محققان علاقه‌مند به تنوع فیزیولوژیک جانوران بود.



فیل دریایی

نئوتروپیک (neotropic) پرداخت و سپس از جزایر گالاپاگوس عبور کرد و این امکان را به دانشمندان داد تا جانورانی را مطالعه کنند که داروین یک قرن پیش آنها را بررسی کرده بود. این سفرهای دریایی به مدت ۱۵ سال ادامه داشت که طی آن دانشمندان به همان نقاط و یا به نقاط دیگری مانند دریای برینگ (ماهی‌های سردآبی)، گینه نو (جانوران گرمسیری)، جزیره گوادالوپ (Guadalupe) (ماهی و فیل دریایی)، قاره قطب جنوب (جانوران قطبی)، شرق اقیانوس آرام (کوسه‌ها، وال‌ها و جانوران آب‌سنگ‌های دریایی)، استرالیا (مارهای آبی)، هاوایی (ماهیان عمق‌زی) و فیلیپین (صدف ناتیلوس (nautilus)) سفر می‌کردند. قابل توجه است که بسیاری از این جانوران تا آن زمان هرگز مورد مطالعه قرار نگرفته بودند و خصوصیات فیزیولوژیک آنها ناشناخته مانده بود.

آلفاهلیکس فقط نمونه‌ای از تحقیقات گسترده‌ای بود که در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. طرح پژوهشی آلفاهلیکس تا سال ۱۹۸۰ ادامه داشت، در این زمان حمایت‌های دولتی از این طرح به پایان رسید و مالکیت این کشتی به بنیاد ملی علوم واگذار شد. اکنون این کشتی همچنان فعال است و برای تحقیقات اقیانوس‌شناسی تحت سرپرستی دانشگاه آلاسکا به کار گرفته می‌شود. طرح پژوهشی آلفاهلیکس این فرصت را برای صدها تن از دانشمندان فراهم کرد تا به اطلاعاتی جدید درباره تنوع زیستی جهان و نحوه عملکرد موجودات زنده محیط‌های زیستی مختلف دست یابند. ©



کشتی تحقیقاتی آلفاهلیکس

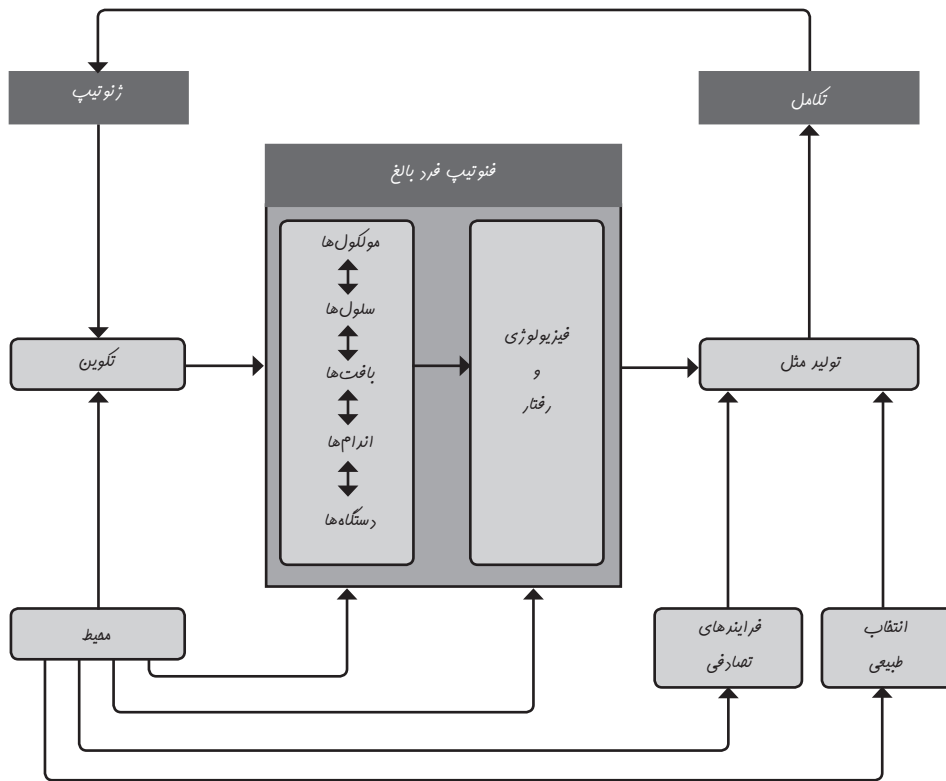
پر شلاندرد (Dr. Per Scholander) به همراه مدیر مؤسسه اقیانوس‌شناسی اسکریپس (Scripps) وابسته به دانشگاه کالیفرنیا در سن‌دیگو، دست به ابتکار جالبی زدند و تیمی از محققان بین‌المللی را برای حل مسائل زیستی مناطق ناشناخته دنیا تشکیل دادند. طرح تحقیقاتی آلفاهلیکس (Alpha Helix) پس از سال‌ها تلاش و مذاکره با محققان، دانشگاه‌ها و آژانس‌های دولتی، شروع به کار کرد.

۱۰ سال پس از پیشنهاد مدل ساختار DNA به‌وسیله واتسون و کریک، کشتی تحقیقاتی اقیانوس‌پیمای آلفاهلیکس که به افتخار این مدل نام‌گذاری شده بود، راهی دریاها شد. این کشتی در سال ۱۹۶۴ به‌وسیله مؤسسه اقیانوس‌شناسی اسکریپس و با امتیازی که بنیاد ملی علوم ایالات متحده آمریکا در اختیار آنها گذاشته بود، به قیمت یک‌ونیم میلیون دلار خریداری شد. کشتی آلفاهلیکس مجهز به آزمایشگاه‌هایی تخصصی برای استفاده زیست‌شناسان تجربی در طول سفر به زیستگاه‌های غیرعادی دنیا بود. هر چند دولت ایالات متحده، بانی و حامی این طرح بود، ولی در آن علاوه بر تحقیقات دانشمندان آمریکایی، از تحقیقات دیگر دانشمندان نقاط مختلف دنیا نیز حمایت می‌شد. در سال ۱۹۶۶ آلفاهلیکس با ۱۰ نفر از دانشمندان سراسر جهان و ۱۲ نفر خدمه، سفر خود را به دنبال جستجوی «دانش زیست‌شناسی و پزشکی»، آغاز کرد. طرح آلفاهلیکس تجربه‌ای جدید بود که الهام‌بخش یک نسل از فیزیولوژیست‌های جانوری شد.

این کشتی، آزمایشگاهی متحرک بود که ۳ تا ۴ بار در سال تیمی از دانشمندان را با علایق و تخصص‌های مختلف برای سفرهای تحقیقاتی در کنار هم جمع می‌کرد. اولین سفر آلفاهلیکس، سفر به سد بزرگ آب‌سنگی\* بود که ۶ ماه به‌طول انجامید و دانشمندان توانستند تپه‌های مرجانی، جنگل‌های گرمسیری مانگرو (mangrove) و جانوران دریازی و خشکی‌زی را مطالعه کنند. این کشتی پس از سه ماه بازگشت از آب‌های استرالیا، سفر جدیدی را به جنوب آمریکا آغاز کرد. آلفاهلیکس با سفر به سمت رودخانه آمازون به مطالعه خصوصیات رفتاری و تکاملی ماهی‌ها و جانوران خشکی‌زی مناطق

\* سد بزرگ آب‌سنگی (Great Barrier Reef) یکی از بزرگ‌ترین آب‌سنگ‌های مرجانی جهان واقع در شرق استرالیا است. - و.

## نگاه کلی



شکل ۱.۱. نگاهی کلی به عامل‌های تأثیرگذار بر فنوتیپ جانوران بالغ.

فیزیولوژیست مشهوری به نام «کنت»<sup>\*</sup> اشمیت - نیلسن (Knut Schmidt - Nielsen) می‌گوید: فیزیولوژی جانوری «مطالعه نحوه کارکرد جانوران» است. فیزیولوژیست‌های جانوری ساختار و عملکرد اجزای مختلف یک جانور را براساس آنکه چگونه این اجزا در کنار یکدیگر کار می‌کنند تا جانور رفتاری طبیعی داشته باشد و به محیط خود پاسخ دهد، مورد مطالعه قرار می‌دهند. یکی از برجسته‌ترین نکات فیزیولوژی جانوری، تنوع آن است. بیش از یک میلیون گونه جانوری مختلف روی کره زمین زندگی می‌کنند که هر کدام از آنها طی تکامل، ویژگی‌های منحصر به فرد بی‌شماری کسب کرده‌اند. هر فرایند فیزیولوژیک حاصل فعالیت بافت‌ها،

می‌گذارند (شکل ۱.۱). فنوتیپ نهایی موجود زنده بالغ، محصول برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط موجود زنده طی تکوین است. فنوتیپ خود محصول فرایندهایی در بسیاری از ترازهای تشکیلات زیستی از جمله ترازهای بیوشیمیایی، سلولی، بافت، اندام و دستگاه است. همه این فرایندها با برهم‌کنش بر یکدیگر، رفتارها و پاسخ‌های فیزیولوژیک پیچیده‌ای ایجاد می‌کنند. محیط نیز روی فنوتیپ موجود بالغ تأثیر می‌گذارد. موجودات زنده می‌توانند رفتار خود را پس از یادگیری تغییر دهند و یا در نتیجه تغییر فنوتیپ، پاسخ‌های فیزیولوژیک خود را تنظیم کنند. در نهایت، فنوتیپ جانور (مورفولوژی، فیزیولوژی و رفتار) روی موفقیت تولیدمثلی او تأثیر می‌گذارد و در طول نسل‌های زیاد به علت تفاوت در توان بقای جانورانی با فنوتیپ‌های مختلف، تغییرات تکاملی در ژنوتیپ یک جمعیت به وجود می‌آید.

## فیزیولوژی: گذشته و حال

فیزیولوژی جانوری مدرن، شاخه‌ای از علم است که همه فرایندهای تأثیرگذار بر عملکرد جانور را دربرمی‌گیرد. گرچه فیزیولوژی جانوری، علمی تجربی است که قدمت دو هزار ساله آن به یونان باستان می‌رسد، ولی در زیست‌شناسی مدرن نقش مهمی بازی می‌کند و عامل پیوند رشته‌های مجزای زیست‌شناسی به یکدیگر است.

اندام‌ها و سیستم‌های پیچیده‌ای است که خود محصول الگوهای پیچیده تنظیم ژن‌های سلول‌های بی‌شماری هستند.

با وجود این تنوع گسترده، وجوه مشترک زیادی در فرایندهای فیزیولوژیک وجود دارد - همه فرایندهای فیزیولوژیک از روندهای یگانه‌ای گذر می‌کنند. اول، همه فرایندهای فیزیولوژیک از قوانین فیزیک و شیمی تبعیت می‌کنند. دومین وجه مشترک، آن است که فرایندهای فیزیولوژیک به نحوی تنظیم می‌شوند که وضعیت محیط درونی در محدوده‌ای معین حفظ شود. این ثبات داخلی که به هومئوستازی معروف است به وسیله حلقه‌های فیدبکی حفظ می‌شود؛ حلقه‌های فیدبکی وضعیت داخلی را شناسایی می‌کنند و در برابر آن، پاسخ مناسبی را به راه می‌اندازند. سومین شباهت آن است که حالت فیزیولوژیک هر جانور جزئی از فنوتیپ آن است، فنوتیپی که خود محصول محتوای ژنتیک یا ژنوتیپ و برهم‌کنش آن با محیط است و چهارم آنکه ژنوتیپ محصولی از تغییر تکاملی در گروهی از موجودات زنده - جمعیت‌ها یا گونه‌ها - پس از گذشت تعداد زیادی نسل است.

اغلب مطالعات فیزیولوژیک به بررسی این موضوع می‌پردازند که چگونه فرایندهای مختلف روی فنوتیپ فیزیولوژیک جانور تأثیر

\* Knut در زبان نروژی کنت تلفظ می‌شود. - و.