

کتاب مرجع

پیولوژی کمپبل

ویرایش دوازدهم - 2020

جلد چهارم

لیزا یوری • مایکل کاین • استیون واسرمن
پیتر مینورسکای • ربکا اور

● مترجمین

مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد
مجید علی نوری، علی وفاپی
محمد امین خرقانی، علیرضا تنوری
حمیدرضا نبوی، ماهان پویان
امیرحسین شاهشوند

● ویراستار علمی مصطفی پویان

● زیر نظر

دکتر سامان حسینخانی
استاد گروه زیست شناسی دانشگاه تربیت مدرس

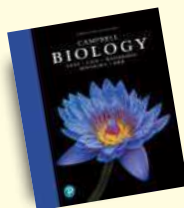


خانه زیست شناسی



کتاب آموزشی پیشرو

عنوان و نام پدیدآور: کتاب مرجع بیولوژی کمپبل / لیزا یوری... [و دیگران]؛ مترجمین مصطفی پویان... [و دیگران]؛ ویراستار علمی مصطفی پویان؛ زیر نظر سامان حسینخانی.
مشخصات نشر: تهران: کتب آموزشی پیشرفته، ۱۴۰۰-
مشخصات ظاهری: ج: مصور(رنگی)؛ ۲۲ × ۲۹ س. م.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۱۳۸-۴-۱؛ ج: ۴-۱۳۸-۹۴۱۳۸-۶۲۲-۹۷۸؛ ۷۵۰۰۰۰ ریال؛ ۹-۶-۹۴۱۳۸-۹۴۱۳۸-۶۲۲-۹۷۸؛ ۲۲۰۰۰۰ ریال؛ ج: ۴-۳-۹۴۵۷۴-۹۴۱۳۸-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: لیزا یوری، مایکل کابن، استیون واسرمن، پیتر میتورسکای، ربکا اور.
یادداشت: مترجمین مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد، مجید علی نوری، علی وفا، محمدامین خراقاتی، علیرضا تنوری، حمیدرضا نبوی، ماهان پویان، امیرحسین شاهشوند.
یادداشت: مترجمین جلد دوم مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد، علی وفا، محمدامین خراقاتی، مجید علی نوری، حمیدرضا نبوی، ماهان پویان، امیرحسین شاهشوند.
یادداشت: مترجمین جلد پنجم مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد، ساره زیدآبادی نژاد، مرضیه صالحی جهرمی...
یادداشت: اصلی عنوان: Campbell biology, 12th ed, 2020
یادداشت: ج: ۲، ۴، (چاپ اول: ۱۴۰۱) (فیبا)
یادداشت: ناشر جلد دوم تا پنجم کتب آموزشی پیشرو می باشد.
موضوع: زیست شناسی Biology
شناسه افزوده: اری، لیزا. A.
افزوده شناسه: Urry, Lisa A.
شناسه افزوده: پویان پهنه کلانی، مصطفی، ۱۳۵۱، - مترجم، ویراستار
شناسه افزوده: حسینخانی، سامان، ۱۳۵۰-
رده بندی کنگره: QH۳۰۸/۲
رده بندی دیویی: ۵۷۰
شماره کتابشناسی ملی: ۸۶۷۲۰۱۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا



کتاب مرجع بیولوژی کمپبل

جلد چهارم: مکانیسم تکامل و تاریخچه تکاملی تنوع زیستی

نام کتاب: کتاب مرجع بیولوژی کمپبل (جلد چهارم)
مؤلفین: لیزا یوری و همکاران
ترجمه: خانه زیست‌شناسی
ناشر: کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
گروه ترجمه: مصطفی پویان، شراره مستانی نژاد و همکاران
ویراستار علمی: مصطفی پویان
زیر نظر: دکتر سامان حسینخانی
ویرایش ادبی: مریم مجاور
طراح و گرافیکست: گروه تولید کاپ
نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۱
لیتوگرافی، چاپ، صحافی: طیف‌نگار
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۴۵۷۴-۴-۳
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت: ۲۲۰۰۰۰ تومان



کتاب آموزشی پیشرو

مرکز فروش: میدان انقلاب - خیابان فخر (رازی - خیابان و مید - دنظری غربی) - پلاک ۸۳
 ۰۲۱-۶۶۴۹۳۱۴۹ | ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ | ۰۵-۶۶۹۶۴۷۲۳ | **فروشگاه:** ۰۲۱-۶۶۹۵۳۵۱۷-۱۸
مندوق پستی: ۱۱۳۹-۱۳۱۴۵ | **آدرس سایت زیرزربین:** www.zirezarebinpub.ir

سایت نشر کاپ: www.cup-book.com



پروفسور نیل کمپبل

(Neil A. Campbell)

پروفسور نیل آ. کمپبل، نویسنده کتاب معروف "Biology" و محقق برجسته دانشگاه کالیفرنیا، در ۲۱ اکتبر ۲۰۰۴ در بیمارستان "Redland" پس از تحمل رنج حاصل از نارسایی قلبی، درگذشت. وی در هنگام مرگ ۵۸ سال داشت. پروفسور کمپبل دکترایش را در شاخه علوم گیاهی و در سال ۱۹۷۵ از دانشگاه کالیفرنیا دریافت کرد. وی سپس در کالج Pomona، دانشگاه Cornell و نیز کالج San Bernardino مشغول به تدریس شد تا اینکه در سال ۱۹۸۹ به گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا پیوست. وی در تمامی این دانشگاهها و دانشکدهها به عنوان متخصص در آموزش زیست‌شناسی مشغول به فعالیت بود.

دکتر جودی هالت، پروفسور و رئیس دپارتمان علوم گیاهی دانشگاه کالیفرنیا می‌گوید: «دکتر کمپبل با بسیاری از دانشمندان و بزرگان زمان ما دوست بود. وی حامی سخاوتمندی برای کارکنان، دانشجویان و دپارتمان علوم گیاهی بود.»



مهارت تألیف و ایثار و از خودگذشتگی دکتر کمپبل در آموزش زیست‌شناسی، بر معروفیت گروه زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا افزود. دکتر کمپبل یقیناً به خاطر نوشتن کتاب‌های معروف Biology در سطح بین‌المللی مشهور است. به گفته پیرسون و بنجامین کامینگز، ناشران کتاب‌های کمپبل، از زمان معرفی کتاب Biology در سال ۱۹۸۷، در حدود ۷۰٪ زیست‌شناسان، پزشکان، بیوتکنولوژیست‌ها و در حدود ۱۰۰٪ از معلمان زیست‌شناسی زیر ۴۰ سال، کتاب Biology را به عنوان کتاب درسی خود انتخاب کرده‌اند. در بخش دانش‌آموزی نیز تخمین زده می‌شود که هر ساله بیش از نیم میلیون دانش‌آموز در سراسر جهان از کتاب Biology کمپبل استفاده کنند. دکتر آنتونی هانگ، پروفسور زیست‌شناسی مولکولی و سلول گیاهی در دپارتمان زیست‌شناسی دانشگاه کالیفرنیا، در مورد تأثیر پروفسور کمپبل بر حوزه زیست‌شناسی و آموزش علوم زیستی می‌گوید:

«کتاب‌هایش چنان معروفند که ماه گذشته، زمانی که برای شرکت در سمیناری در تایوان بودم، سه ویرایش چینی مختلف از کتاب‌هایش را دیدم. هر جا که می‌روم، وقتی می‌گویم از دانشگاه کالیفرنیا هستیم، مردم از من می‌پرسند، آیا دکتر کمپبل را می‌شناسم!»

کتاب‌های بیولوژی کمپبل تا کنون به بیش از ۹ زبان زنده دنیا ترجمه شده است. پس از مرگ دکتر کمپبل، از طرف خانواده‌اش درخواست می‌شود تا به جای اهدای تاج گل، هزینه‌اش را برای کمک به بودجه تحقیقاتی دانشجویانش، به حساب دانشگاه کالیفرنیا واریز کنند. در سال ۲۰۱۱ گروه مؤلفین کتاب Biology، به پاس سال‌ها خدمات ارزشمند نیل کمپبل در زمینه آموزش زیست‌شناسی، از ویرایش نهم، عنوان کتاب را به CAMPBELL BIOLOGY تغییر داده است.

روحش شاد و راهش پر رهرو باد



نقش کلیدی انتخاب طبیعی در تکامل سازشی ۴۸
 انتخاب جنسی ۴۹
 انتخاب متوازن کننده ۵۰
 چرا انتخاب طبیعی نمی تواند جانداران کامل و بی نقصی به وجود آورد؟ ۵۴

فصل ۲۴



خاستگاه گونه ها

۱- ۲۴ در تعریف زیست شناختی گونه، بر جدایی تولیدمثلی تأکید می شود ۵۸
 تعریف زیست شناختی «گونه» ۵۹
 جدایی تولیدمثلی ۵۹
 محدودیت های تعریف زیست شناختی گونه ها ۵۹
 تعاریف دیگر «گونه» ۶۲
 ۲- ۲۴ گونه زایی می تواند در وجود یا نبود جدایی جغرافیایی رخ دهد ۶۳
 گونه زایی دگر میهنی ۶۳
 روند گونه زایی دگر میهنی ۶۳
 شواهد مربوط به گونه زایی دگر میهنی ۶۵
 گونه زایی هم میهنی ۶۶
 پلی پلوئیدی ۶۶
 انتخاب جنسی ۶۸
 جدایی زیستگاهی ۶۸
 مرور: گونه زایی دگر میهنی و هم میهنی ۶۹
 ۳- ۲۴ محدوده های زیست دور گه ها، فرصت های زیادی را برای مطالعه عواملی که موجب جدایی تولیدمثلی می شوند، فراهم می سازد ۷۰
 الگوهای درون محدوده های دور گه ها ۷۰
 محدوده های دور گه ها در گذر زمان ۷۲
 تقویت: محکم تر شدن سدهای تولیدمثلی ۷۲
 ترکیب: تضعیف سدهای تولیدمثلی ۷۴
 پایداری: تداوم تشکیل افراد دور گه ۷۴
 ۴- ۲۴ گونه زایی می تواند به سرعت و یا به آهستگی صورت گرفته و نیز می تواند در نتیجه تغییر در چند یا تعداد زیادی زن روی دهد ۷۵
 دوره های زمانی گونه زایی ۷۵
 الگوهای مشاهده شده در آثار سنگواره ای ۷۵
 نرخ های گونه زایی ۷۶
 مطالعه ژنتیک گونه زایی ۷۸
 از گونه زایی تا تکامل کلان ۷۸

فصل ۲۵



تاریخ حیات در کره زمین

۱- ۲۵ شرایط موجود در زمین اولیه، پیدایش حیات را ممکن ساخت ۸۴
 ساخت ترکیبات آلی در زمین اولیه ۸۴
 سنتز غیر زیستی درشت مولکول ها ۸۶
 پروتوسل ها ۸۶
 خودهماندسازی RNA و طلوع انتخاب طبیعی ۸۷
 ۲- ۲۵ سنگواره ها تاریخچه حیات بر روی زمین را ثبت کرده اند ۸۸
 آثار سنگواره ای ۸۸
 سن سنگواره ها و سنگ ها چگونه تعیین می شود؟ ۹۰
 منشأ گروه های جدید جانداران ۹۲
 ۳- ۲۵ به وجود آمدن جانداران تک سلولی و پرسلولی، و استقرار در خشکی ها، از جمله مهم ترین وقایع تاریخ حیات هستند ۹۳
 نخستین جانداران تک سلولی ۹۵
 فتوسنتز و انقلاب اکسیژنی ۹۵
 نخستین یوکاریوت ها ۹۶
 منشأ پرسلولی ها ۹۶
 نخستین یوکاریوت های پرسلولی ۹۷
 انفجار کامبرین ۹۷
 گسترش و سکونت در خشکی ۹۸
 ۴- ۲۵ ظهور و انحطاط گروه هایی از جانداران، نرخ های متفاوت گونه زایی و انقراض را نشان می دهند ۹۹
 پی آمدهای جابه جایی قاره ها ۱۰۱
 انقراض های گروهی ۱۰۳
 پنج انقراض گروهی بزرگ ۱۰۳
 آیا ششمین انقراض گروهی در راه است؟ ۱۰۵
 پیامدهای انقراض های گروهی ۱۰۶
 سازگاری های شعاعی ۱۰۷
 سازگاری های شعاعی در مقیاس جهانی ۱۰۸
 سازگار های شعاعی منطقه ای ۱۰۸
 ۵- ۲۵ ایجاد تغییرات عمده در شکل بدن می تواند حاصل تغییر در توالی و تنظیم ژن های نموی باشد ۱۰۹

فصل ۲۲



تغییر نسل ها: نگاه دارینی به حیات

۱- ۲۲ انقلاب داروینی، نگاه های سنتی که زمین جوان را با گونه های ساکن بدون تغییر در نظر می گرفتند، به چالش کشید ۸
 درجه بندی طبیعت و طبقه بندی گونه ها ۹
 نظریات مختلف درباره تغییر گونه ها ۱۰
 فرضیه لامارک درباره تکامل ۱۱
 ۲- ۲۲ ایده تغییر نسل ها از طریق انتخاب طبیعی می تواند سازگاری های جانداران، وحدت و گوناگونی حیات را توضیح دهد ۱۲
 پژوهش های داروین ۱۲
 سفر دریایی بیگل ۱۲
 تمرکز داروین در موضوع سازگاری ۱۳
 خاستگاه گونه ها ۱۴
 تغییر نسل ها ۱۴
 انتخاب مصنوعی، انتخاب طبیعی، و سازش ۱۵
 ۳- ۲۲ حجم گسترده ای از شواهد علمی، تکامل را تأیید می کنند ۱۸
 مشاهده مستقیم تغییرات تکاملی ۱۸
 انتخاب طبیعی در پاسخ به گونه های گیاهی وارداتی ۱۸
 تکامل باکتری های مقاوم به دارو ۱۹
 هومولوژی ۲۰
 هومولوژی های آنا تومیک و مولکولی ۲۱
 هومولوژی و درخت مجازی ۲۲
 دلیل دیگر شباهت: تکامل همگرا ۲۳
 آثار فسیلی ۲۴
 جغرافیای زیستی ۲۵
 چه چیز در مورد نگاه داروینی به حیات، نظری است؟ ۲۷

فصل ۲۳



تکامل جمعیت ها

۱- ۲۳ تنوع ژنتیکی، تکامل را امکان پذیر می سازد ۳۲
 تنوع ژنتیکی ۳۳
 منبع تنوع ژنتیکی ۳۴
 تشکیل الی های جدید ۳۴
 جهش هایی که تعداد یا جایگاه زن را تغییر می دهند ۳۵
 تولید مثل سریع ۳۵
 تولیدمثل جنسی ۳۵
 ۲- ۲۳ معادله هاردی - واینبرگ می تواند برای ارزیابی این که یک جمعیت در حال تکامل است یا خیر، مورد استفاده قرار بگیرد ۳۶
 خزانه ژنی و فراوانی الی ۳۶
 اصل هاردی - واینبرگ ۳۷
 معادله هاردی - واینبرگ ۳۷
 شرایط برقراری تعادل هاردی - واینبرگ ۳۹
 کاربرد معادله هاردی - واینبرگ ۳۹
 ۳- ۲۳ انتخاب طبیعی، رانش ژنتیکی و شارش ژن، می توانند فراوانی الی ها را در یک جمعیت تغییر دهند ۴۱
 انتخاب طبیعی ۴۱
 رانش ژنتیکی ۴۲
 اثر بنیان گذار ۴۳
 اثر گذرگاه باریک ۴۴
 مطالعه موردی: اثر رانش ژنتیکی بر جوجه های بزرگ چمنزار ۴۴
 خلاصه اثرات رانش ژنتیکی ۴۵
 شارش ژن ۴۵
 ۴- ۲۳ انتخاب طبیعی، تنها مکانیسمی است که به طور پیوسته موجب تکامل سازشی می شود ۴۷
 نگاهی دقیق تر به انتخاب طبیعی ۴۷
 شایستگی نسبی ۴۷
 انتخاب جهت دار، گسلنده و پایدار کننده ۴۸



فصل ۲۸

آغازیان



- ۱۷۸-۲۸ بیشتر یوکاریوت‌ها جاندارانی تک سلولی هستند
- ۱۷۸ تنوع ساختاری و عملکردی در آغازیان.....
- ۱۷۹ نقش درون هم‌زیستی در تکامل یوکاریوت‌ها.....
- ۲-۲۸ اکس کایت‌ها (Excavates) شامل آغازیانی با میتوکندری‌های تغییر شکل یافته و آغازیانی دارای تازک‌های منحصربه‌فرد هستند
- ۱۸۴ دیپلومونادها و پاراسالیدها.....
- ۱۸۴ اوگلنوزوان.....
- ۱۸۶ کینتوپلاستیدها.....
- ۱۸۶ اوگلنیدها.....
- ۳-۲۸ گروه بسیار متنوعی از آغازیان هستند که بر اساس تشابهات DNA تعریف و دسته‌بندی شده‌اند
- ۱۸۶ استرامینوبیل‌ها.....
- ۱۸۷ دیانومها.....
- ۱۸۸ جلبک‌های قهوه‌ای.....
- ۱۹۰ تناوب نسل‌ها.....
- ۴-۲۸ جلبک‌های قرمز و سبز نزدیک‌ترین خویشاوندان گیاهان خشکی هستند
- ۱۹۶ جلبک‌های قرمز.....
- ۱۹۶ جلبک‌های سبز.....
- ۵-۲۸ بونی کونت‌ها (Unikonts) شامل آغازیانی هستند که خویشاوندی نزدیکی با قارچ‌ها و جانوران دارند
- ۱۹۸ آمیبوزوان‌ها.....
- ۲۰۰ کپک‌های مخاطی.....
- ۲۰۰ کپک‌های مخاطی پلاسمودیومی.....
- ۲۰۰ کپک‌های مخاطی سلولی.....
- ۲۰۲ انت آمیب‌ها.....
- ۲۰۲ آپستوکونت‌ها.....
- ۴-۲۸ آغازیان نقشی کلیدی در روابط اکولوژیک ایفا می‌کنند
- ۲۰۲ آغازیان هم‌زیست.....
- ۲۰۳ آغازیان فتوسنتز کننده.....

فصل ۲۹

تنوع گیاهی: چگونگی سکونت گیاهان در خشکی‌ها



- ۱-۲۹ گیاهان خشکی‌زی از جلبک‌های سبز تکامل یافته‌اند
- ۲۱۰ شواهد ریخت‌شناسی و مولکولی.....
- ۲۱۰ سازگاری‌هایی که انتقال به خشکی را ممکن می‌کنند.....
- ۲۱۱ صفات اشتقاقی گیاهان.....
- ۲۱۴ خاستگاه و تنوع گیاهان.....
- ۲-۲۹ مرحله گامتوفیت در چرخه زندگی خزه‌ها و سایر گیاهان بدون آوند، غالب است
- ۲۱۶ گامتوفیت بریوفیت‌ها.....
- ۲۱۷ اسپوروفیت بریوفیت‌ها.....
- ۲۱۸ اهمیت اکولوژیک و اقتصادی خزه‌ها.....
- ۳-۲۹ سرخس‌ها و سایر گیاهان آوندی بدون دانه نخستین گیاهانی بودند که قدرافراشتند
- ۲۲۳ خاستگاه‌ها و صفات گیاهان آوندی.....
- ۲۲۴ چرخه‌های زندگی با غالبیت دوره اسپوروفیت.....
- ۲۲۴ انتقال در آوند‌های چوب و آبکش.....
- ۲۲۵ تکامل ریشه‌ها.....
- ۲۲۵ تکامل برگ‌ها.....
- ۲۲۵ تنوع اسپوروفیل‌ها و هاگ‌ها.....
- ۲۲۵ طبقه‌بندی گیاهان آوندی بدون دانه.....
- ۲۲۷ شاخه لیکوفیتا: پنجه‌گرگیان، خزه‌های سنبله‌ای و علف‌های شهرپر.....
- ۲۲۷ شاخه مونیلوفیتا: سرخس‌ها، دم اسبیان و سرخس‌های جارویی و خویشاوندان آنها.....
- ۲۲۸ اهمیت گیاهان آوندی بدون دانه.....

فصل ۳۰

تنوع گیاهی ۲: تکامل گیاهان دانه‌دار



- ۱-۳۰ بذرها و دانه‌های گرده، سازگاری‌های کلیدی برای زندگی در خشکی هستند
- ۲۲۲ مزایای گامتوفیت‌های کوچک شده.....
- ۲۲۳ تخمک‌ها و تولید تخمزا (گامت ماده).....
- ۲۲۳ دانه گرده و تولید اسپرم.....
- ۲۳۴ مزیت تکاملی دانه‌ها.....
- ۲-۳۰ دانه‌های «برهنه» بازدانگان عموماً در مخروط‌ها تشکیل می‌شوند
- ۳-۳۰ تشکیل گل و میوه جزء سازگاری‌های تولیدمثلی نهان‌دانگان است

- ۱۰۹ اثرات تکاملی ژن‌های نموی.....
- ۱۱۰ تغییرات در نسبت و زمان بندی.....
- ۱۱۰ تغییر در الگوهای فضایی.....
- ۱۱۱ تکامل نمو.....
- ۱۱۲ تغییرات در تنظیم ژن‌ها.....
- ۶-۲۵ تکامل هدفمند نیست
- ۱۱۳ صفات نوظهور تکاملی.....
- ۱۱۵ جهت‌گیری‌های تکاملی.....

فصل ۳۱

تبارزایی و درخت حیات



- ۱-۲۶ درخت‌های تبارزایی ارتباطات تکاملی را به تصویر می‌کشند
- ۱۲۲ نظام نام‌گذاری دونامی.....
- ۱۲۳ سلسله‌مراتب‌ده‌بندی.....
- ۱۲۴ ارتباط رده‌بندی و تبارزایی.....
- ۱۲۴ درخت‌های تبارزایی چه اطلاعاتی را در اختیار ما قرار می‌دهند.....
- ۱۲۶ کاربردهای تبارزایی.....
- ۲-۲۶ درخت‌های تبارزایی بر پایه داده‌های ریخت‌شناسی و مولکولی استوار هستند
- ۱۲۷ هومولوژی‌های ریخت‌شناسی و مولکولی.....
- ۱۲۷ تشخیص هومولوژی از آنالوژی.....
- ۱۲۸ ارزیابی هومولوژی‌های مولکولی.....
- ۳-۲۶ از صفات مشترک برای ترسیم درخت‌های تبارزایی استفاده می‌شود
- ۱۳۰ کلاسیک.....
- ۱۳۰ صفات مشترک نیایی و صفات مشترک اشتقاقی.....
- ۱۳۰ ترسیم درخت‌های تبارزایی با استفاده از صفات اشتقاقی.....
- ۱۳۲ درخت‌های تبارزایی با شاخه‌هایی با طول متناسب.....
- ۱۳۳ حداکثر خلاصگی و احتمال بیشینه.....
- ۱۳۴ درخت‌های تبارزایی به‌عنوان فرضیه.....
- ۴-۲۶ تاریخچه تکاملی یک جاندار در ژنومش ثبت شده است
- ۱۳۶ مضاعف شدن ژن‌ها و خانواده‌های ژنی.....
- ۱۳۷ تکامل ژنوم.....
- ۵-۲۶ ساعت‌های مولکولی در تعیین زمان‌های تکاملی کاربرد دارند.....
- ۱۳۸ ساعت‌های مولکولی.....
- ۱۳۸ مشکلات ساعت مولکولی.....
- ۱۳۹ استفاده از یک ساعت مولکولی: تعیین خاستگاه HIV.....
- ۱۴۱ ۲۶-داده‌های جدید درک ما را از درخت حیات، پیوسته اصلاح می‌کنند
- ۱۴۱ گذر از دو فرمانرو به سه قلمرو.....

فصل ۳۲

باکتری‌ها و آرکئا



- ۱-۲۷ سازگاری‌های ساختاری و عملکردی در موفقیت پروکاریوت‌ها نقش دارند
- ۱۵۰ ساختارهای سطح سلول.....
- ۱۵۳ منشأ تکاملی تازک‌های باکتریایی.....
- ۱۵۴ سازمان‌دهی درونی و DNA.....
- ۱۵۵ تکثیر و سازگاری.....
- ۲-۲۷ تولیدمثل سریع، جهش و نوترکیبی ژنتیکی موجبات تنوع ژنتیکی پروکاریوت‌ها را فراهم ساخته است
- ۱۵۵ تولیدمثل سریع و جهش.....
- ۱۵۶ نوترکیبی ژنتیکی.....
- ۱۵۷ ترانسفورماسیون و ترانس داکشن.....
- ۱۵۷ هم‌یوگی و پلازمیدها.....
- ۳-۲۷ سازگاری‌های تغذیه‌ای و متابولیسمی متنوعی در پروکاریوت‌ها تکامل یافته است
- ۱۶۰ نقش اکسیژن در متابولیسم.....
- ۱۶۱ متابولیسم نیتروژن.....
- ۱۶۱ مشارکت متابولیسمی.....
- ۴-۲۷ رده‌بندی‌های مولکولی، تبارزایی پروکاریوت‌ها را روشن می‌سازد
- ۱۶۲ باکتری‌ها.....
- ۱۶۳ آرکئا.....
- ۵-۲۷ پروکاریوت‌ها، نقش بسیار مهمی را در زیست‌کره بازی می‌کنند
- ۱۶۷ باز یافت شیمیایی.....
- ۱۶۷ برهم‌کنش‌های اکولوژیک.....
- ۶-۲۷ پروکاریوت‌ها، هم اثرات مفید و هم اثرات زیان‌آوری در زندگی انسان‌ها دارند
- ۱۶۹ باکتری‌های هم‌یار.....
- ۱۶۹ باکتری‌های بیماری‌زا.....
- ۱۷۱ کاربرد پروکاریوت‌ها در پژوهش و فن‌آوری.....



گونه‌های آزادزی ۳۰۷
 گونه‌های انگل ۳۰۸
 روتیفرها ۳۰۹
 لوفوفوراتها: اکتوپروتکتها و بازوپایان ۳۱۰
 نرم‌تنان ۳۱۱
 کیتون‌ها ۳۱۲
 شکم‌پایان ۳۱۲
 دوکفه‌ای‌ها ۳۱۴
 سرپایان ۳۱۴
۴-۳۳ اکتیوسوزوآن‌ها به لحاظ تعداد گونه، جزء غنی‌ترین گروه‌های جانوری هستند
 نماتودها ۳۱۹
 بندپایان ۳۲۱
 ویژگی‌های عمومی بندپایان ۳۲۱
 کلیسراران ۳۲۴
 میریپویدا ۳۲۵
 سخت‌پوستان ۳۲۵
۵-۳۳ خارپوستان و طناب‌داران دو تروستوم هستند
 خارپوستان ۳۳۱
 ستاره‌آسها: ستاره‌های دریایی و میناهای دریایی ۳۳۱
 مارسانان: ستاره‌های شکننده ۳۳۱
 خارداران: توتیای دریایی و Sand Dollars ۳۳۲
 طناب‌داران ۳۳۳

فصل ۳۴ خاستگاه و تکامل مهره داران

۱-۳۴ طنابداران، دارای نوتوکورد و یک طناب عصبی پشتی تو خالی هستند
 صفات اشتقاقی طنابداران ۳۳۸
 نوتوکورد ۳۳۹
 تکامل طنابداران اولیه ۳۴۱
۲-۳۴ مهره‌داران، جمجمه‌دارانی هستند که ستون فقرات دارند
 صفات اشتقاقی مهره‌داران ۳۴۲
 لامبری‌ها ۳۴۴
۳-۳۴ آرورهداران، مهره‌داران دارای آرورهد هستند
 صفات اشتقاقی آرورهداران ۳۴۶
 آرورهداران سنگواره‌ای ۳۴۷
 ماهیان غضروفی (کوسه‌ها، ماهیان پهن و خوبشوندان آنها) ۳۴۷
 ماهیان باله شعاعی و باله گوشتی ۳۴۹
۴-۳۴ تترابودها، آرورهدارانی هستند که دست و پا دارند
 صفات اشتقاقی تترابودها ۳۵۲
 منشأ تترابودها ۳۵۳
 دوزیستان ۳۵۴
۵-۳۴ آمینیون‌داران، تترابودهایی هستند که تخم‌های سازگار با خشکی دارند
 صفات اشتقاقی آمینیون‌داران ۳۵۸
 آمینیون‌داران اولیه ۳۵۹
 خزندگان ۳۵۹
 لپیدوسورها ۳۶۱
 لاک‌پشت‌ها ۳۶۲
 سوسمارها و کروکودیل‌ها ۳۶۳
 پرندگان ۳۶۳
۶-۳۴ پستانداران، آمینیون‌دارانی هستند که مو داشته و شیر تولید می‌کنند
 صفات اشتقاقی پستانداران ۳۶۷
 تکامل اولیه پستانداران ۳۶۷
 مونوترما ۳۶۹
 کیسه‌داران ۳۶۹
 جفت‌داران (پستانداران دارای جفت) ۳۷۳
 پریمات‌ها (نخستی‌ها) ۳۷۳
۷-۳۴ انسان‌ها، پستاندارانی هستند که دارای یک مغز بزرگ بوده و بر روی دوپا راه می‌روند
 صفات اشتقاقی انسان‌ها ۳۷۶
 ابتدایی‌ترین هومینین‌ها ۳۷۷
 استرالوپیت‌ها ۳۷۸
 دوپاگرایی ۳۸۰
 انسان اولیه ۳۸۱
 نئاندرتال‌ها ۳۸۳
 هومو ساپینس (انسان بزرگ) ۳۸۳

ویژگی‌های نهان‌دانگان ۲۴۰
 گل‌ها ۲۴۰
 میوه‌ها ۲۴۱
 چرخه زندگی نهان‌دانگان ۲۴۲
 تکامل نهان‌دانگان ۲۴۴
 تبارزایی نهان‌دانگان ۲۴۶
 تنوع نهان‌دانگان ۲۴۸
۴-۳۰ رفاه بشر تا حد زیادی وابسته به گیاهان دانه‌دار است
 محصولات گیاهان دانه‌دار ۲۴۹
 تنوع گیاهی در معرض خطر ۲۵۰

فصل ۳۱ قارچ‌ها

۱-۳۱ قارچ‌ها هتروتروف‌هایی هستند که با جذب مواد غذایی تغذیه می‌کنند
 تغذیه و اکولوژی ۲۵۴
 ساختار بدن ۲۵۵
 نخینه‌های تخصص یافته در قارچ‌های میکوزایی ۲۵۶
۲-۳۱ قارچ‌ها در چرخه‌های زندگی جنسی یا غیرجنسی خود هاگ تولید می‌کنند
 تولیدمثل جنسی ۲۵۷
 تولیدمثل غیرجنسی ۲۵۸
۳-۳۱ قارچ‌ها از یک آغازی تک سلولی تاژک‌دار آبی به وجود آمده‌اند
 خاستگاه قارچ‌ها ۲۶۰
 حرکت به سوی خشکی‌ها ۲۶۱
۴-۳۱ قارچ‌ها به دودمان‌های گوناگونی انشعب یافته‌اند
 کیتریدها ۲۶۳
 زیگومیست‌ها ۲۶۴
 گلومرومیست‌ها ۲۶۵
 آسکومیست‌ها ۲۶۵
 بازیدیومیست‌ها ۲۶۷
۵-۳۱ قارچ‌ها نقش به‌سزایی در چرخه عناصر غذایی، برهم‌کنش‌های اکولوژیک و زندگی انسان دارند
 قارچ‌های تجزیه‌کننده ۲۶۹
 هم‌باری گیاه - قارچ ۲۷۰
 هم‌زیستی جانور - قارچ ۲۷۰
 گل‌سنگ‌ها ۲۷۱
 قارچ‌های بیماری‌زا ۲۷۲

فصل ۳۲ مقدمه‌ای بر تنوع جانوری

۱-۳۲ جانوران، یوکاریوت‌های پرسلولی هتروتروف، با بافت‌های نمو یافته از لایه‌های جنینی هستند
 روش تغذیه ۲۷۸
 ساختار سلولی و تخصص‌یابی ۲۷۸
 تولیدمثل و نمو ۲۷۸
۲-۳۲ جانوران تاریخی طولانی‌تر از یک میلیارد سال دارند
 دوران نئوپروتروزویک (۱ میلیارد تا ۵۴۱ میلیون سال قبل) ۲۸۱
 دوران پالئوزویک (۵۴۱-۲۵۲ میلیون سال قبل) ۲۸۲
 دوران مزوزویک (۲۶۶-۲۵۲ میلیون سال قبل) ۲۸۴
 دوران سنوزویک (۲۶۶ میلیون سال قبل تا به امروز) ۲۸۴
۳-۳۲ جانوران را می‌توان براساس «طرح‌های بدنی» متمایز کرد
 تقارن ۲۸۵
 بافت‌ها ۲۸۶
 نمو پروتوستوم و دوتروستوم ۲۸۸
 تسهیم ۲۸۸
 تشکیل سلوم ۲۸۸
 سرنوشت بلاستوپور ۲۸۸
۴-۳۲ دیدگاه‌های جدیدی درباره تبارزایی جانوران از داده‌های مولکولی به دست آمده است
 جهت‌گیری‌های سیستماتیک جانوری در آینده ۲۹۱

فصل ۳۳ مقدمه‌ای بر بی‌مهرگان

۱-۳۳ اسفنج‌ها جانورانی ابتدایی و فاقد بافت‌های حقیقی هستند
 کیسه‌تنان شاخه‌ای قدیمی از یومتازوآن‌ها هستند ۳۰۱
 آنتوزوآ ۳۰۳
۲-۳۳ لوفوتروکوزوآن‌ها -کلادی که براساس داده‌های مولکولی تعریف شده‌اند- متنوع‌ترین طرح‌های بدن جانوران را دارند
 کرم‌های پهن ۳۰۵

22 Descent with Modification: Darwinian View of Life

تغییر نسل‌ها: نگاه داروینی به حیات

مفاهیم کلیدی

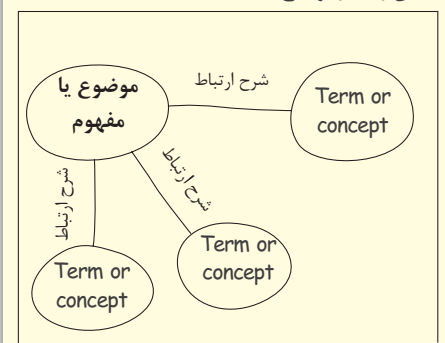
۲۲-۱ انقلاب داروینی، نگاه‌های سنتی که زمین جوان را با گونه‌های ساکن بدون تغییر در آن در نظر می‌گرفتند، به چالش کشید

۲۲-۲ ایده تغییر نسل‌ها از طریق انتخاب طبیعی می‌تواند سازگاری‌های جانداران، وحدت و گوناگونی حیات را توضیح دهد

۲۲-۳ حجم گسترده‌ای از شواهد علمی، تکامل را تأیید می‌کند

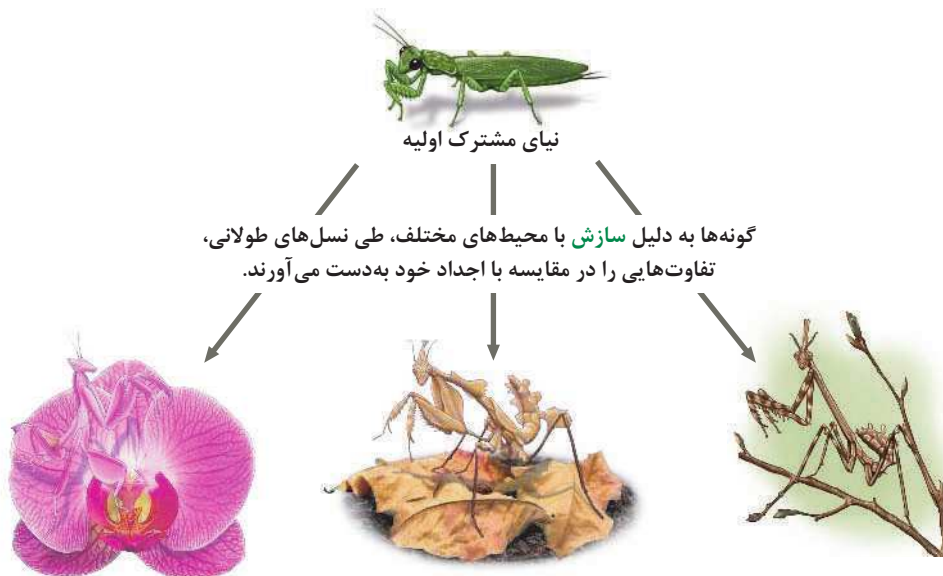
روش مطالعه

نموداری مانند طرح زیر رسم کنید: فصل ۲۲، به برخی موضوعات مهم در تکامل می‌پردازد؛ موضوعاتی مثل اصلاح نسل‌ها، ویژگی‌های وراثتی، انتخاب طبیعی، سازگاری، تکامل همگرا، هومولوژی و یکپارچگی در حیات. برای هر یک از این موضوعات، دایره‌ای رسم کنید و موقع مطالعه این فصل، دایره‌های مرتبط به هم از لحاظ مفهومی را به یکدیگر متصل کنید. بر روی فلش‌های ارتباطی، دلیل این ارتباط را توضیح دهید.



▲ شکل ۱-۲۲ در تصویر بالا، یک آخوندک ارکیدۀ مالزیایی (*Hymenopus coronatus*) را مشاهده می‌کنید که بسیار شبیه به گلی است که روی آن نشسته و در انتظار شکاری است که در چنگش بیافتد. آخوندک‌های دیگر دارای رنگ‌ها و اشکال متنوعی هستند که هرکدام در محیطی متفاوت تکامل یافته‌اند. با این وجود، آخوندک‌ها در بعضی صفات ویژه مشترک هستند؛ مانند اندام‌های حرکتی جلویی که توانایی به چنگ گرفتن دارند، چشم‌های درشت و داشتن شش پا.

دلیل بروز تفاوت‌ها و شباهت‌های بین گونه‌های مختلف کره زمین چیست؟



این گونه‌ها با وجود اینکه در بعضی ویژگی‌ها تفاوت دارند، به دلیل اینکه جدشان مشترک است، تعداد زیادی صفات مشترک هم دارند، این فرایند، یعنی:

تغییر نسل‌ها

تجمع اختلاف‌ها
داشته شدن جد مشترک و به دنبال آن، داشتن صفات مشترک

موجب بروز تنوع زیستی شده است.

مبحث 1-22

انقلاب داروینی، نگاه‌های سنتی که زمین جوان را با گونه‌های

ساکن بدون تغییر در نظر می‌گرفتند، به چالش کشید

چارلز داروین، در حدود ۱/۵ قرن پیش از این، نظریه علمی‌اش درباره تنوع زیستی و تعداد متنوع گونه‌های کره زمین ارائه کرده است.

او با انتشار کتاب «منشاء گونه‌ها» انقلابی عظیم در زیست‌شناسی و به‌ویژه تکامل آغاز کرد.

چه چیزی داروین را به سمت به چالش کشیدن دیدگاه‌های غالب زمان خود درباره زمین و حیات آن سوق داد؟ درواقع، پیشنهاد انقلابی داروین، ریشه در کارهای بسیاری از افراد دیگر دارد (شکل ۲-۲۲).

اشکال بی‌شمار و فوق‌العاده زیبا

به آخوندک‌های ارکیده در شکل ۱-۲۲ برگردیم تا بتوانیم در همین ابتدا، درمورد چارلز داروین و زیست‌شناسی تکاملی، فهم و درک بهتری داشته باشیم.

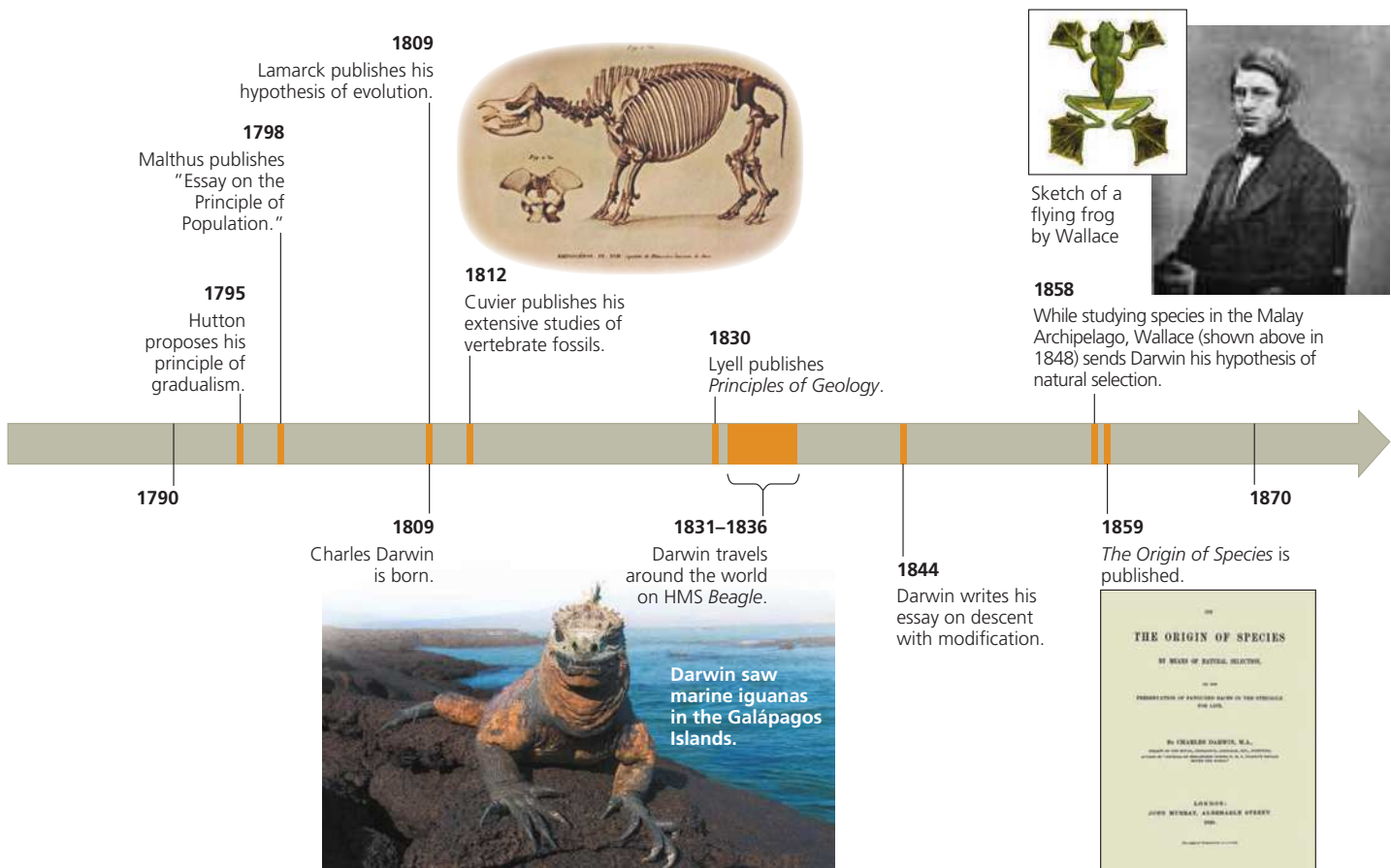
آخوندک ارکیده عضوی از یک گروه بسیار بزرگ و متنوع

شکل ۲-۲۲ زمینه تاریخی حیات و عقاید داروین.

به نام Mantodea می‌باشد که شامل تقریباً ۲۳۰۰ گونه و ۴۳۰ سرده هستند. آخوندک‌های این گروه دارای صفات مشترکی مثل سه جفت پا، سرهای مثلثی، چشم‌های محدب و برجسته و یک گردن انعطاف‌پذیر هستند. مجموعه این صفات مشترک، وحدت در حیات را نشان می‌دهد؛ عبارتی که بر اشتراک صفات جانداران تأکید دارد.

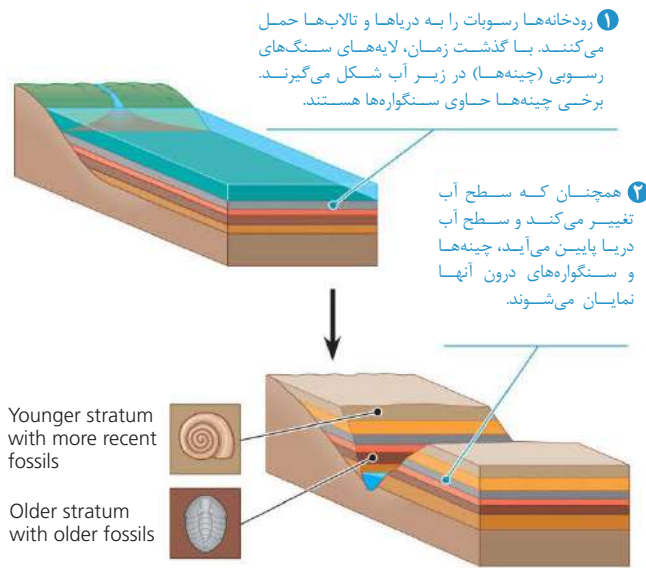
آخوندک موجود در شکل ۱-۲۲ و خویشاوندان نزدیک آن، سه اصل کلیدی درباره حیات را نشان می‌دهند: روش‌های مؤثری که جانداران را برای زندگی در محیط خود مناسب کرده است؛ وجود ویژگی‌های مشترک بسیار (وحدت یا یگانگی)؛ و تنوع بسیار حیات. حدود یک‌ونیم قرن پیش، چارلز داروین توضیحی علمی درباره این سه اصل کلیدی ارائه داد. داروین پس از انتشار نظریه‌اش در کتاب «خاستگاه گونه‌ها»، طلایه‌دار یک انقلاب علمی گردید: عصر زیست‌شناسی تکاملی.

اکنون ما تکامل^۱ را با عبارت تغییر نسل‌ها^۲ تعریف



1- Evolution
2- Descent with modification

شکل ۲-۲۲ تشکیل چینه‌های رسوبی حاوی سنگواره‌ها.



افزایش پیچیدگی آرایش یابند. این حالت، بعدها **نردبان طبیعت**^۳ (درجه‌بندی طبیعت) نامیده شد. هریک از اشکال حیات، کامل و دائمی (بدون تغییر) است و اجازه دارد که بر روی یکی از پله‌های نردبان قرار گیرد.

این عقاید با دیدگاه سنتی دربارهٔ خلقت که معتقد است گونه‌ها یک‌به‌یک توسط پروردگار آفریده شده و در نتیجه بدون نقص هستند، هم‌زمان بود. در دههٔ اول قرن هجدهم، بسیاری از دانشمندان، سازش‌های عالی جانداران نسبت به محیط اطراف‌شان را به‌عنوان شاهدهی مبنی بر اینکه خالق یکتا هرکدام از گونه‌ها را برای هدف خاصی طراحی کرده است، فرض می‌کردند.

یکی از این دانشمندان، پزشک و گیاه‌شناس سوئدی به‌نام کارل لینه^۴ (۱۷۷۸ - ۱۷۰۷) بود که برای طبقه‌بندی تغییرات حیات، جهت اثبات «شکوه برتری خداوند»، تلاش می‌کرد. او سیستم دو نامی یا دو قسمتی را برای نام‌گذاری جانداران براساس سرده و گونه ابداع کرد که امروزه نیز استفاده می‌شود. برخلاف سلسله‌مراتب خطی نردبان طبیعت، لینه یک سیستم طبقه‌بندی تو در تو را در نظر گرفت که در آن گونه‌های مشابه در گروه‌هایی که مرتباً بزرگ‌تر می‌شوند، قرار می‌گیرند. برای مثال، گونه‌های مشابه، در یک جنس^۵ (سرده) واحد و جنس‌های مشابه در یک تیرهٔ یکسان طبقه‌بندی می‌شوند (شکل ۱۴-۱ را ببینید).

از نظر لینه، مشاهدهٔ اینکه بعضی از گونه‌ها تا حدودی به

خواهیم کرد. داروین این اصطلاح را وقتی به‌کار برد که اعلام نمود گونه‌های فراوان ساکن در کرهٔ زمین، از نسل گونه‌های نیایی بوده که با گونه‌های امروزی متفاوت‌اند. تکامل را می‌توان همان‌گونه که در سر فصل ۳-۲۳ توضیح خواهیم داد، به‌صورت تغییر در ترکیب ژنتیکی یک جمعیت از نسلی به نسل دیگر نیز تعریف کرد. این دیدگاه برخلاف تعریف قبلی، نگاهی جزئی و محدود به تکامل دارد. اما چه تکامل را به‌صورت کلی تعریف کنیم و چه به‌صورت جزئی، می‌توانیم از دو زاویهٔ مرتبط اما متفاوت به آن نگاه کنیم: به‌صورت **الگو**^۱ و به‌صورت **یک فرآیند**^۲. **الگوی** تغییرات تکاملی به‌وسیلهٔ طیفی از داده‌های علمی حاصل از زیست‌شناسی، زمین‌شناسی، فیزیک و شیمی آشکار می‌شود. این داده‌ها واقعی هستند یعنی می‌توان آنها را در دنیای طبیعی پیرامون‌مان مشاهده کرد. **فرآیند** تکامل شامل مکانیسم‌هایی است که الگوی تغییرات مشاهده‌شدهٔ فوق را به‌وجود می‌آورند. این مکانیسم‌ها دلایل طبیعی وقوع پدیده‌های طبیعی مشاهده‌شده را آشکار می‌سازند. علاوه بر این، قدرت تکامل به‌عنوان یک نظریهٔ وحدت‌بخش، برخاسته از توانایی آن برای توضیح طیف گسترده و متنوعی از مشاهدات دربارهٔ دنیای زنده و ارتباط بخشیدن بین آنهاست.

همانند همهٔ نظریه‌های رایج علم، ما به آزمودن نظریهٔ تکاملی‌مان از طریق بررسی و مقایسهٔ آن با نتایج آزمایش‌ها و مشاهدات جدید، ادامه می‌دهیم. در این فصل و فصل‌های بعدی، توضیح خواهیم داد که چگونه یافته‌های جدید، دانش فعلی ما را دربارهٔ الگو و فرآیند تکامل شکل می‌دهند. ابتدا نگاهی به تلاش داروین جهت توضیح سازگاری‌ها، وحدت و تنوع «اشکال بی‌شمار و فوق‌العاده زیبای» حیات می‌اندازیم.

درجه‌بندی طبیعت و طبقه‌بندی گونه‌ها

اگرچه مدت‌ها قبل از تولد داروین، تعدادی از فیلسوفان یونانی پیشنهاد دادند که حیات ممکن است به‌تدریج ایجاد شده باشد، اما فیلسوفی که دانش اولیه در غرب، شدیداً تحت تأثیر او قرار داشت، یعنی ارسطو (۳۸۴ - ۳۲۲ قبل از میلاد)، گونه‌ها را بدون تغییر فرض کرد. ارسطو طی مشاهداتش در طبیعت، «گرایش‌های» خاصی را در بین جانداران تشخیص داد. این امر او را به سمت این نتیجه سوق داد که اشکال مختلف حیات می‌توانند روی یک نردبان یا درجه‌بندی با

3- Scala naturae

4- Carolus Linnaeus

5- Genus: جنس (مفرد)، Genera: جنس‌ها (جمع)

1- Pattern

2- Process

مانند خشک‌سالی یا سیل دارد که وقوع آنها هر بار بسیاری از گونه‌های زنده را از بین می‌برد. او پیشنهاد داد که کاتاستروف‌های دوره‌ای معمولاً منحصر به مناطق جغرافیایی محلی بودند که مجدداً جمعیت خود را طی مهاجرت گونه‌های دیگر از سایر مناطق، به دست می‌آوردند.

در مقابل، سایر دانشمندان پیشنهاد کردند که تغییرات می‌توانند از طریق تجمع اثرات فرایندهای آهسته ولی مداوم، رخ دهند. در سال ۱۷۹۵ یک جغرافی‌دان اسکاتلندی به نام جیمز هاتن^۸ (۱۷۹۷ - ۱۷۲۶)، پیشنهاد داد که چهره زمین‌شناختی کره زمین می‌تواند از طریق سازوکارهای تدریجی که هنوز نیز در جهان عمل می‌کنند، توضیح داده شود. به عنوان مثال، او عقیده داشت که دره‌ها به وسیله رودخانه‌هایی که روی صخره‌ها جاری بود، شکل گرفتند و سنگ‌هایی که حاوی سنگواره‌های جانداران دریایی هستند، از ذراتی که از خشکی کنده شده و از طریق رودها به دریاها حمل می‌شدند و جانداران دریایی مرده را مدفون می‌کردند، تشکیل شدند. زمین‌شناس مطرح زمان داروین به نام چارلز لیل^۹ (۱۸۷۵ - ۱۷۹۷)، تفکر هاتن را به شکل یک نظریه قابل فهم‌تر، تحت عنوان **اصل یکنواختی**^{۱۰} مطرح کرد. طبق این اصل، مکانیسم‌های ایجاد تغییر در طول زمان، ثابت و یکنواخت هستند. لیل پیشنهاد داد که فرایندهای زمین‌شناسی که امروزه عمل می‌کنند، مشابه فرایندهایی هستند که در گذشته عمل می‌کردند و میزان فعالیت آنها نیز یکسان است. نظریات هاتن و لیل اثر عمیقی بر تفکرات داروین گذاشت. داروین پذیرفت که اگر تغییرات زمین‌شناختی بیشتر از آنکه تحت تأثیر وقایع ناگهانی قرار داشته باشند، نتیجه فعالیت‌های آهسته و مداوم باشند، در آن صورت زمین بسیار مسن‌تر از چند هزار سال است که در آن زمان تخمین زده می‌شد. به عنوان مثال، زمان زیادی لازم است تا یک رودخانه بتواند از طریق فرسایش، دره‌ای را حفر کند. او بعدها استدلال کرد که احتمالاً فرایندهای آهسته مشابهی نیز می‌توانند روی جانداران زنده در یک دوره طولانی اثر بگذارند و در نتیجه، تغییراتی اساسی ایجاد کنند. البته داروین اولین کسی نبود که اصول تغییر تدریجی را در مورد تکامل زیستی به کار برد.

هم شباهت دارند، دلیلی در تأیید تکامل به شمار نمی‌رود، بلکه بر مبنای الگوی خلقت آنها است. با این وجود، یک قرن بعد، سیستم رده‌بندی او، توسط داروین در مباحثات تکاملی مورد استفاده قرار گرفت.

نظریات مختلف درباره تغییر گونه‌ها

داروین بخش زیادی از نظریه‌اش را بر مبنای کارهای دانشمندانی که سنگواره‌ها را مطالعه می‌کردند، ترسیم کرد. **سنگواره‌ها**^۱، بقایا و یا اثرات به‌جای‌مانده از جانداران قدیمی هستند. اغلب سنگواره‌ها در سنگ‌های رسوبی^۲ که محصول ته‌نشینی گل و لای ماسه‌ها در ته دریاها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها هستند، یافت می‌شوند. لایه‌های جدید رسوبی، لایه‌های قدیمی‌تر را می‌پوشانند و آنها را به صورت لایه‌های بسیار متراکم صخره‌ای به نام **چینه**^۳ فشرده می‌کنند. سنگواره‌های هر لایه، تصویری اجمالی از بعضی از جاندارانی که در هنگام شکل‌گیری آن لایه در زمین می‌زیسته‌اند، ارائه می‌دهند (**شکل ۳-۲۲**). سپس ممکن است فرایند فرسایش، لایه‌های بالایی (جوان‌تر) چینه را دچار فرسایش کرده و لایه‌های قدیمی‌تر را آشکار سازد. **علم دیرین‌شناسی**^۴، یعنی مطالعه سنگواره‌ها، بخش زیادی از پیشرفت خود را مدیون دانشمندی فرانسوی به نام ژرژ کوی‌یر^۵ (۱۸۳۲ - ۱۷۶۹) است. کوی‌یر هنگام بررسی لایه‌های صخره‌ای در منطقه‌ای در اطراف پاریس، متوجه شد که هر قدر لایه‌های چینه‌ها قدیمی‌تر باشند، سنگواره‌های آنها با نمونه‌های امروزی تفاوت بیشتری خواهند داشت. او همچنین مشاهده کرد که از یک چینه تا چینه بعدی، بعضی گونه‌های جدید ظاهر و بعضی دیگر ناپدید می‌شوند. وی این چنین تفسیر کرد که انقراض می‌بایست فرایندی عادی در تاریخ حیات بوده باشد. با این حال، کوی‌یر قاطعانه با اندیشه تغییرات تدریجی تکامل مخالفت کرد و برای توضیح این مشاهدات از **اصل کاتاستروفیسم**^۶ استفاده کرد. طبق این اصل، وقوع رویدادهای تصادفی در گذشته، عامل ایجاد اختلافات مشاهده‌شده در زمان حال است. او عقیده داشت که هریک از مرزهای بین چینه‌ها نشان از یک کاتاستروف^۷،

1- Fossils
2- Sedimentary rocks
3- Strata (Stratum : مفرد)
4- Paleontology
5- Georges Cuvier
6- Catastrophism
7- Catastrophe

8- James Hutton
9- Charles Lyell
10- Uniformitarianism

فرضیه لامارک درباره تکامل

در طول قرن ۱۸، تعدادی از طبیعی‌دانان (از جمله آراسموس داروین، پدربزرگ داروین)، پیشنهاد دادند که شکل‌گیری حیات نتیجه تغییرات محیط است. اما تنها یکی از پیشینیان داروین، یک الگوی جامع درباره چگونگی شکل‌گیری حیات ارائه داد: زیست‌شناس فرانسوی به نام ژان باپتیست دو لامارک^۱ (۱۸۲۹ - ۱۷۴۴). متأسفانه امروزه نام لامارک نه به‌خاطر بینش درست او درباره اینکه تغییرات تکاملی، شواهد سنگواره‌ای و سازگاری جانداران را نسبت به محیط، توجیه می‌کند، بلکه به دلیل سازوکار اشتباهی که او برای شرح چگونگی رخداد تکامل ارائه داد، ماندگار شده است.

لامارک فرضیه خود را در سال ۱۸۰۹، یعنی سال تولد داروین منتشر کرد. او با مقایسه گونه‌های فعلی و اشکال سنگواره‌ای، به علت ظهور خطوط وراثتی متعدد (دودمان‌های مختلف) در موجودات زنده پی برد: هر سری از سنگواره‌هایی که بر طبق یک زمان‌بندی از انواع جوان‌تر به انواع مسن‌تر به‌دنبال یکدیگر قرار می‌گیرند، در نهایت به یک گونه زنده امروزی منتهی می‌شوند. لامارک این موضوع را با دو اصل توضیح داد. اصل اول، استفاده و عدم استفاده است، به این معنی که اجزایی از بدن که بیشتر استفاده می‌شوند، بزرگ‌تر و قوی‌تر می‌شوند، در حالی که اعضای که استفاده نمی‌شوند، تحلیل می‌روند. به‌عنوان مثال، او به زرافه که گردن خود را می‌کشد تا به برگ‌های شاخه‌های مرتفع درختان برسد، اشاره کرد. دومین اصل، وراثت صفات اکتسابی است، یعنی یک جاندار می‌تواند این تغییرات را به زاده‌هایش منتقل کند. لامارک استدلال کرد که گردن بلند و ماهیچه‌ای زرافه فعلی در طول نسل‌های متمادی که زرافه‌ها گردن‌شان را بیشتر می‌کشیدند، شکل گرفته است.

لامارک همچنین معتقد بود که تکامل به این دلیل رخ می‌دهد که جانداران گرایش ذاتی به سمت پیچیده‌تر شدن دارند. داروین این تفکر را رد کرد، اما او نیز معتقد بود که تنوع و گوناگونی‌ها از طریق وراثت صفات اکتسابی، وارد فرایند تکامل می‌شوند. البته درک امروزی ما از ژنتیک این اصل را رد می‌کند؛ هیچ مدرکی مبنی بر ارثی شدن

صفات اکتسابی، آن‌گونه که لامارک بیان می‌کرد، وجود ندارد (شکل ۴-۲۲).

لامارک در عصر خود، به‌ویژه توسط کوی‌یر که به تکامل گونه‌ها اعتقاد نداشت، شهرت خود را از دست داد. با این حال، لامارک به دلیل اینکه اعتقاد داشت علت سازگاری جانداران با محیط را می‌توان با تغییرات تکاملی تدریجی توضیح داد و نیز به دلیل مکانیسم قابل آزمایشی که برای این تغییرات ارائه کرد، قابل ستایش است.

▼ شکل ۴-۲۲ صفات اکتسابی، وراثتی نیستند. درختان بونسای از طریق هرس شدن و شکل‌دهی، به شکلی «پرورش» می‌یابند که کوتاه رشد کنند. با این حال، این درختان زاده‌هایی با اندازه طبیعی ایجاد می‌کنند.



پرسش‌های مبحث ۱-۲۲

- ۱- عقاید هاتن و لیل چه تأثیری بر تفکر داروین درباره تکامل گذاشت؟
- ۲- چه می‌شد اگر؟ < شما در فصل ۳-۱ خواندید که فرضیه‌های علمی باید قابل آزمایش بوده و امکان رد کردن آنها نیز وجود داشته باشد. بر این اساس آیا توضیح کوی‌یر درباره آثار سنگواره‌ای و نظریه لامارک درباره تکامل، علمی هستند؟ پاسخ خود را در هر دو مورد توضیح دهید؟

برای ملاحظه پاسخ‌های پیشنهادی، به ضمیمه A مراجعه کنید.

1- Jean - Baptiste de Lamarck

مبحث 2-2

ایده تغییر نسل‌ها از طریق انتخاب طبیعی می‌تواند سازگاری‌های

جانداران، وحدت و گوناگونی حیات را توضیح دهد

تا پایان قرن نوزدهم، باور عمومی بر این بود که گونه‌ها از هنگام خلقت خود بدون تغییر باقی می‌مانند. هر چند تردیدهایی اندک دربارهٔ ثبات گونه‌ها در حال شکل‌گیری بودند، اما هیچ‌کس نمی‌توانست انقلابی را که در پیش بود، پیش‌بینی کند. نگاه تکاملی به حیات چگونه به ذهن چارلز داروین خطور کرد؟

پژوهش‌های داروین

چارلز داروین (۱۸۸۲ - ۱۸۰۹) در اشروسبوری^۱ در شمال انگلستان متولد شد. او حتی در دوران کودکی علاقهٔ زیادی به طبیعت داشت. هنگامی که سرگرم مطالعهٔ کتاب‌های طبیعی نبود نیز به ماهی‌گیری، شکار و جمع‌آوری حشرات مشغول می‌شد. پدر داروین که پزشک بود، تمایلی نداشت پسرش طبیعی‌دان شود و در نتیجه او را برای تحصیل در پزشکی به مدرسهٔ پزشکی ادینبورگ فرستاد. اما دانشگاه پزشکی برای چارلز خسته‌کننده و اعمال جراحی که در آن زمان بدون بیهوشی انجام می‌شد، برای وی ناخوشایند بود. او مدرسهٔ پزشکی را ترک کرد و به قصد کشیش شدن وارد دانشگاه کمبریج شد. (در آن زمان در انگلستان بسیاری از علوم به کشیشان تعلق داشت.)

داروین در دانشگاه کمبریج به شاگردی کشیش جان هنسلو^۲ که استاد گیاه‌شناسی بود، درآمد. کمی بعد از آنکه

شکل ۵-۲۲ سفر با کشتی بیگل.

داروین مدرک لیسانس خود را دریافت کرد، هنسلو او را به کاپیتان رابرت فیتزروی^۳ که برای سفری با کشتی بیگل به دور دنیا آماده می‌شد، معرفی کرد. داروین به‌عنوان هم‌صحبت کاپیتان جوان وارد کشتی شد و فیتزروی به علت آنکه تحصیلات، سن و طبقهٔ اجتماعی مشابه‌ای با داروین داشت، وی را در کشتی پذیرفت.

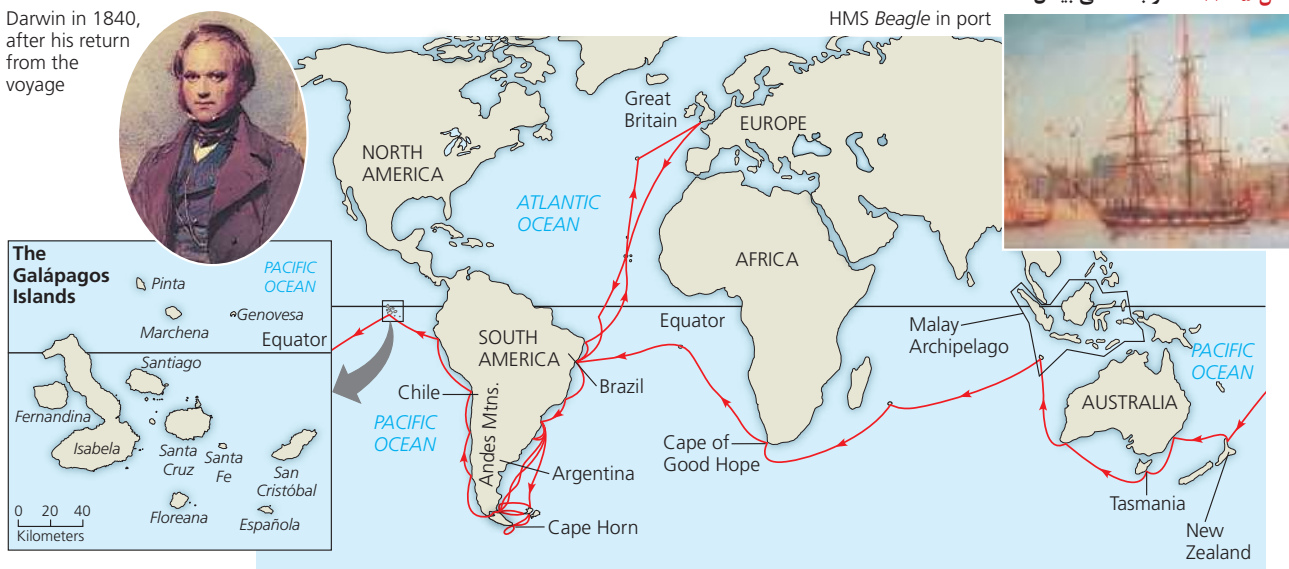
سفر دریایی بیگل

داروین در دسامبر ۱۸۳۱، انگلستان را با کشتی بیگل ترک کرد. مأموریت اصلی بیگل، شناسایی سواحل ناشناختهٔ آمریکای جنوبی بود. هنگامی که خدمهٔ کشتی، کنار دریا گشت‌وگذار می‌کردند، داروین اکثر وقت خود را در سواحل به مشاهده و جمع‌آوری هزاران نوع از گیاهان و جانوران آمریکای جنوبی می‌گذراند. او سازگاری‌های بسیاری در گیاهان و جانورانی مشاهده کرد که در زیستگاه‌های متفاوت، مانند جنگل‌های مرطوب برزیل، چمن‌زارهای گستردهٔ آرژانتین و ارتفاعات کوه‌های آند می‌زیستند.

داروین متوجه شد که گیاهان و جانورانی که در مناطق معتدل آمریکای جنوبی می‌زیستند، بیشتر به گونه‌های مناطق حاره‌ای آمریکای جنوبی شباهت داشتند تا گونه‌های مناطق معتدلهٔ اروپا. همچنین سنگواره‌هایی که او پیدا کرد اگرچه کاملاً با جانداران زندهٔ آن زمان متفاوت بودند، اما به علت شباهت با جانداران ساکن در آن منطقه، قطعاً مربوط به آمریکای جنوبی بودند.

مطالعات زمین‌شناسی نیز در طول سفر، داروین را

Darwin in 1840,
after his return
from the
voyage



3- Robert FitzRoy

1- Shrewsbury
2- John Henslow

▼ شکل ۶-۲۲ تفاوت منقارها در سهره‌های گالاپاگوس. جزایر گالاپاگوس زیستگاه بیش از دوازده گونه خویشاوند از سهره‌هاست، که برخی تنها در یک جزیره یافت می‌شوند. مهم‌ترین تفاوت بین آنها منقارشان است، که براساس روش تغذیه ویژه هر کدام، سازش یافته است.



(c) دانه‌خوار. سهره زمینی بزرگ (*Geospiza magnirostris*) (b) حشره‌خوار. سهره سبز آوازخوان (*Certhidea olivacea*) (a) کاکتوس‌خوار. منقار دراز و نوک تیز سهره زمینی منقار بزرگی دارد که برای شکستن دانه‌هایی که از درختان بر روی زمین افتاده‌اند، مناسب است. با استفاده از منقار باریک و تیز حشرات را می‌گیرد. کاکتوسی (*Geospiza scandens*) به آن کمک می‌کند تا گل‌ها و گوشت کاکتوس را جدا کرده و بخورد.

ارتباط دهید ← شکل ۲۰-۱ را مرور کنید. سهره کاکتوس‌خوار با کدام یک از دو گونه شکل بالا خویشاوندی نزدیک‌تری دارد (یعنی با کدام یک جد مشترک نزدیک‌تری دارد)؟

کرد که ابتدا جزایر گالاپاگوس توسط جانداران مهاجری از آمریکای جنوبی اشغال شدند و سپس این جانداران در جزایر مختلف، تنوع یافته‌اند.

تمرکز داروین در موضوع سازگاری

داروین در طول سفر دریایی خود با کشتی بیگل، نمونه‌های بسیاری از سازگاری‌ها را مشاهده کرد. سازگاری^۲ عبارت است از ویژگی‌هایی که احتمال بقا و تولیدمثل جانداران را در یک محیط معین افزایش می‌دهند. بعدها هنگامی که او دوباره مشاهدات خود را بررسی کرد، متوجه شد که سازش با محیط و پیدایش گونه‌های جدید، فرایندهای به‌شدت مرتبطی هستند. آیا ممکن است که یک گونه جدید به کمک انباشت تدریجی سازش‌ها با محیط جدید، از گونه اجدادی ایجاد شده باشد؟ همان‌گونه که در فصل یک بحث کردیم، دانشمندان سال‌ها پس از سفر داروین، پس از انجام مطالعاتی دریافتند که این اتفاق واقعاً برای سهره‌های گالاپاگوس رخ داده است (شکل ۲۰-۱ را ببینید). منقار و رفتار این سهره‌ها با انواع خاص غذایی که در جزایر محل سکونت آنها یافت می‌شود، سازش یافته است (شکل ۶-۲۲). داروین دریافت که جهت درک تکامل باید توضیحی برای این سازش‌ها ارائه کرد. همان‌طور که در ادامه بیشتر توضیح خواهیم داد، تفسیر داروین از این سازگاری‌ها حول محور انتخاب طبیعی^۳ دور می‌زد. انتخاب طبیعی، فرایندی است که طی آن افراد دارای ویژگی‌های وراثتی معین، زاده‌های بیشتری نسبت به افراد دارای صفات دیگر به‌وجود می‌آورند. [در نتیجه سهم بیشتری در نسل بعد دارند؛ م]

تحت تأثیر قرار داد. او با وجود دریازدگی، کتاب اصول زمین‌شناسی لیل را در کشتی بیگل مطالعه کرد. داروین تغییرات زمین‌شناسی بکر و دست‌نخورده‌ای را هنگامی که یک زمین‌لرزه سواحل شیلی را لرزاند، تجربه کرد و بعد از آن مشاهده کرد که ارتفاع مرز سواحل، چندین پا افزایش یافت. او پیدا شدن سنگواره‌هایی از جانداران اقیانوسی در ارتفاعات کوه‌های آند را چنین تفسیر کرد که صخره‌های حاوی سنگواره‌ها باید به‌وسیله یک سری زمین‌لرزه‌های مشابه و در طول زمان، بالا رفته باشند. این مشاهدات، آنچه را که او از لیل آموخته بود، تأیید و تقویت می‌کرد: شواهد فیزیکی، از دیدگاه سنتی درباره عدم تغییر زمین با عمر تنها چندده‌زار سال حمایت نمی‌کرد.

توجه داروین به پراکنش جغرافیایی گونه‌ها، پس از توقف بیگل در جزایر گالاپاگوس افزایش یافت. این مجمع‌الجزایر، شامل تعدادی جزایر آتشفشانی با سن زمین‌شناسی کم است که در نزدیکی استوا، در فاصله حدود ۹۰۰ کیلومتری از غرب آمریکای جنوبی قرار دارند (شکل ۵-۲۲). داروین از یافتن جانداران غیرمعمول در آنجا شگفت‌زده شده بود. در بین پرندگان که او در گالاپاگوس جمع‌آوری کرد، سهره‌ها و انواع متعددی از مرغ‌های مقلد^۱ وجود داشتند که به نظر می‌رسید با وجود شباهت فراوان، از گونه‌های متفاوتی باشند. بعضی از آنها منحصر به یک جزیره بودند، در حالی که سایرین در دو یا چند جزیره مجاور پراکنش داشتند. به‌علاوه، با اینکه جانوران جزایر گالاپاگوس به جانوران منطقه آمریکای جنوبی شباهت زیادی داشتند، اما بیشتر جانوران این جزایر در هیچ‌جای دیگری از دنیا زندگی نمی‌کردند. او چنین فرض

2- Adaptation
3- Natural selection

1- Mocking birds

خاستگاه گونه‌ها

داروین در این کتاب دو محور اصلی را مورد بسط و توسعه قرار داد: نخست اینکه اصلاح نسل‌ها، هم وحدت و هم گوناگونی در حیات را توضیح می‌دهد و دیگر اینکه، انتخاب طبیعی علت سازش جانداران با محیط آنها است.

تغییر نسل‌ها

در اولین ویرایش کتاب **خاستگاه گونه‌ها**، داروین تا انتهای کتاب از کلمه **تکامل** استفاده نکرد (اگرچه آخرین واژه کتاب واژه «تکامل‌یافته» است) و به جای آن از واژه **تغییر نسل‌ها**^۱ استفاده کرد که نگاه وی به حیات را خلاصه می‌کرد. داروین **وحدت در حیات**^۲ را در تمامی زاده‌های یک جاندار نیایی که در گذشته دور می‌زیسته است، مشاهده می‌کرد. پس از آنکه زاده‌های جاندار نیایی در طول میلیون‌ها سال در زیستگاه‌های مختلفی پراکنده شدند، تغییرات گوناگون یا سازش‌هایی در آنها حاصل شد که آنها را با شرایط خاص زندگی‌شان سازگار کرد. داروین استدلال نمود که نهایتاً تغییر نسل‌ها طی یک دوره زمانی طولانی، منجر به ایجاد گوناگونی فوق‌العاده‌ای شده است که امروزه ما شاهد آن هستیم.

از نگاه داروین تاریخ حیات مانند یک درخت با شاخه‌های متعدد است که امتداد آن از یک تنه واحد تا نوک جوان‌ترین شاخه‌هاست (شکل ۷-۲۲). در این تصویر، سر شاخه‌ها که با حروف A-D علامت‌گذاری شده‌اند، نماینده چند گروه از جانوران هستند که امروزه نیز وجود دارند، شاخه‌های بدون نام، گروه‌های منقرض شده هستند. هر چنگال موجود روی درخت نزدیک‌ترین نیای همه موجوداتی است که از آن نقطه منشعب می‌شوند و ارتباط نزدیکی با هم دارند.

داروین تصور می‌کرد که این فرایند شاخه‌زایی، همراه با رخدادهای انقراضی گذشته، می‌توانند شکاف‌های مورفولوژیکی بسیاری که میان گروه‌های مختلف جانداران وجود داشته است را توجیه کند. به‌عنوان مثال، سه گونه زنده از فیل‌ها را در نظر بگیرید: فیل آسیایی (*Elephas maximus*) و دو گونه از فیل‌های آفریقایی (*L. cyclotis*, *Loxodonta africana*). این گونه‌ها که ارتباط نزدیکی با هم دارند، بسیار به هم شباهت دارند، چون مسیر تکاملی یکسانی را پیموده‌اند تا آنکه اخیراً وقوع یک انشعب، آنها را از نیای مشترک‌شان جدا کرده است. توجه کنید که هفت دودمان خویشاوند فیل‌ها در طول ۳۲ میلیون سال گذشته منقرض شده‌اند. در نتیجه، امروزه هیچ جانور زنده‌ای برای برقراری ارتباط تکاملی بین فیل‌ها و خویشاوندان نزدیک آنها

در اوایل دهه ۱۸۴۰، داروین روی چارچوب اصلی فرضیه‌اش کار می‌کرد. در سال ۱۸۴۴، داروین مقاله بلندبالایی درباره تغییر نسل‌ها و مکانیسم آن، یعنی انتخاب طبیعی نوشت. با این حال، داروین ظاهراً به این دلیل که غوغای حاصل از انتشار فرضیه‌اش را پیش‌بینی می‌کرد، تمایلی به انجام این کار نداشت. او با وجود عدم انتشار مقاله‌اش، به جمع‌آوری شواهد برای فرضیه خود ادامه داد. در اواسط دهه ۱۸۵۰، او فرضیه‌اش را برای لیل و چند نفر دیگر بیان کرد. لیل با اینکه هنوز در مورد تکامل متقاعد نشده بود اما به شدت داروین را تشویق کرد تا قبل از آنکه شخص دیگری به همین نتیجه برسد و آن را زودتر منتشر کند، عقاید خود را منتشر نماید.

در ژوئن ۱۸۵۸، پیش‌بینی لیل به حقیقت پیوست. داروین دست‌نوشته‌ای از یک طبیعی‌دان انگلیسی به نام راسل والاس (۱۹۱۳ - ۱۸۲۳) دریافت کرد (شکل ۲-۲۲ را ببینید). والاس در هند شرقی کار می‌کرد و فرضیه‌ای مشابه فرضیه داروین درباره انتخاب طبیعی ارائه داده بود. والاس از داروین خواهش کرده بود که مقاله او را ارزیابی کند و اگر آن را مناسب چاپ می‌بیند، به لیل بدهد. داروین درخواست او را پذیرفت و به لیل نوشت: «جملات شما کاملاً به حقیقت پیوست ... من هرگز چنین تصادف شگفت‌انگیزی ندیده بودم ... پس همه یافته‌هایم نابود خواهند شد، اگرچه شاید بر آن افزوده شود ...». سپس لیل و همکارانش، مقاله والاس به همراه خلاصه‌هایی از مقالات چاپ نشده داروین را در اول جولای ۱۸۵۸ به انجمن لینه لندن ارائه کردند. داروین به سرعت کتاب خود تحت عنوان «خاستگاه گونه‌ها از طریق انتخاب طبیعی» (عموماً از آن تحت عنوان خاستگاه گونه‌ها یاد می‌شود) را به پایان رساند و یک سال بعد آن را منتشر کرد. اگرچه والاس در اصل عقایدش را با هدف انتشار آنها نوشته بود، اما داروین را ستایش و تأیید می‌کرد که داروین ایده انتخاب طبیعی را به نحوی توسعه داد که می‌توان وی را معمار اصلی این نظریه دانست.

در طول یک دهه، کتاب داروین و استدلال‌های آن، بسیاری از زیست‌شناسان را متقاعد کرد که تغییرات زیستی، محصول تکامل هستند. داروین در بخشی که تکامل‌شناسان دیگر شکست خورده بودند، به موفقیت دست یافت زیرا او دلایل خود را با منطق صحیح و حجم عظیمی از شواهد محکم و خدشه‌ناپذیر ارائه داده بود.

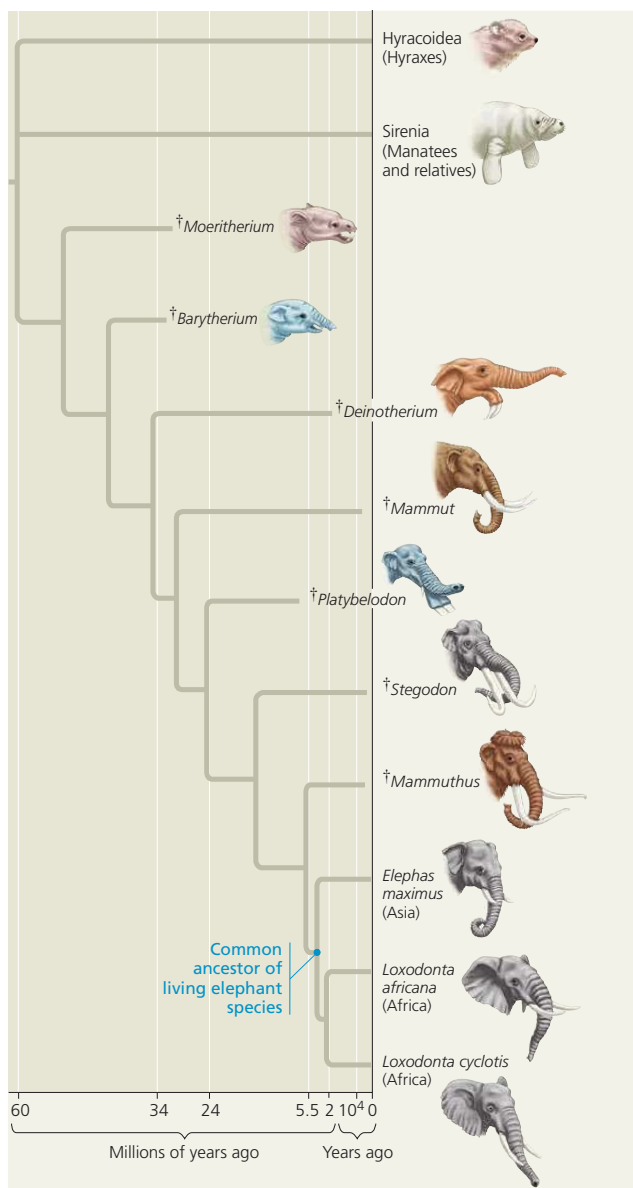
1- Descent with modification

2- Unity

مشاهده ۲: همه گونه‌ها قادرند زاده‌هایی بیش از حد گنجایش محیط، به‌وجود آورند (شکل ۱۱-۲۲).
به دلیل کمبود غذا یا سایر منابع، بسیاری از این زاده‌ها قادر به بقا نیستند.

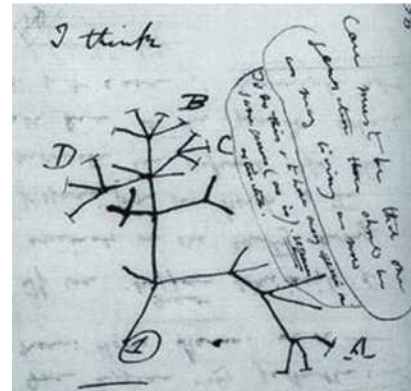
تفسیر ۱: افرادی که صفات وراثتی‌شان توانایی بیشتری برای بقا و تولیدمثل به آنها می‌بخشد، نسبت به افراد دیگر، زاده‌های بیشتری به‌وجود می‌آورند.

شکل ۸-۲۲ تغییر نسل‌ها. این درخت تکاملی فیل‌ها و خویشاوندان آنها بر مبنای سنگواره‌ها یعنی آناتومی، ترتیب ظاهر شدن در چینه‌ها و توزیع جغرافیایی رسم شده است. توجه کنید که اغلب شاخه‌های نسل‌ها به انقراض منتهی شده‌اند.



مهارت بصری ← براساس درخت نشان‌داده‌شده در این شکل، جدیدترین جد مشترک ماموت‌ها (Mammoth) پشمالو، فیل‌های آسیایی و فیل‌های آفریقایی، تقریباً در چه زمانی می‌زیسته است؟

شکل ۷-۲۲ صفات اکتسابی، وراثتی نیستند. درختان بونسای از طریق هرس شدن و شکل‌دهی، به شکلی «پرورش» می‌یابند که کوتاه رشد کنند. با این حال، این درختان زاده‌هایی با اندازه طبیعی ایجاد می‌کنند.



یعنی ماناتی‌ها^۱ و هیراکس‌ها^۲ وجود ندارد.

انقراض مانند آنچه در شکل ۸-۲۲ مشاهده کردید نامتداول نیست. در واقع اغلب شاخه‌های تکاملی و حتی برخی از شاخه‌های اصلی آن، به بن‌بست منتهی می‌شوند. تخمین زده می‌شود که حدود ۹۹٪ از گونه‌هایی که تاکنون زیسته‌اند، منقرض شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۸-۲۲ مشاهده می‌کنید، فسیل گونه‌های منقرض شده می‌تواند از طریق «پر کردن» جاهای خالی میان گروه‌های جانوری امروزی، واگرایی میان آنها را ثبت کنند.

انتخاب مصنوعی، انتخاب طبیعی و سازش

داروین مکانیسمی به‌نام انتخاب طبیعی را برای توضیح الگوهای قابل مشاهده تکامل ارائه داد. او مباحث و استدلال‌هایش را چنان با مهارت و ظرافت مطرح کرد که حتی سخت‌گیرترین خوانندگان نیز متقاعد شدند. او نخست نمونه‌های آشنا از آمیزش‌های انتخابی گیاهان و جانوران اهلی را مورد بحث قرار داد. انسان‌ها، سایر گونه‌های جانداران را طی نسل‌های متمادی، با انتخاب و پرورش افرادی که صفات ویژه‌ای دارند، تغییر داده‌اند. این فرایند، **انتخاب مصنوعی**^۳ نام دارد (شکل ۹-۲۲). گیاهان زراعی و جانوران اهلی یا دام‌های حاصل از انتخاب مصنوعی، اغلب شباهت اندکی به نیاکان وحشی خود نشان می‌دهند.

داروین سپس دو مشاهده در طبیعت و دو تفسیر حاصل از آن را شرح داد:

مشاهده ۱: اعضای یک جمعیت اغلب تنوع گسترده‌ای را در ویژگی‌هایشان نشان می‌دهند (شکل ۱۰-۲۲).

1- Manatees
2- Hyraxes
3- Artificial Selection