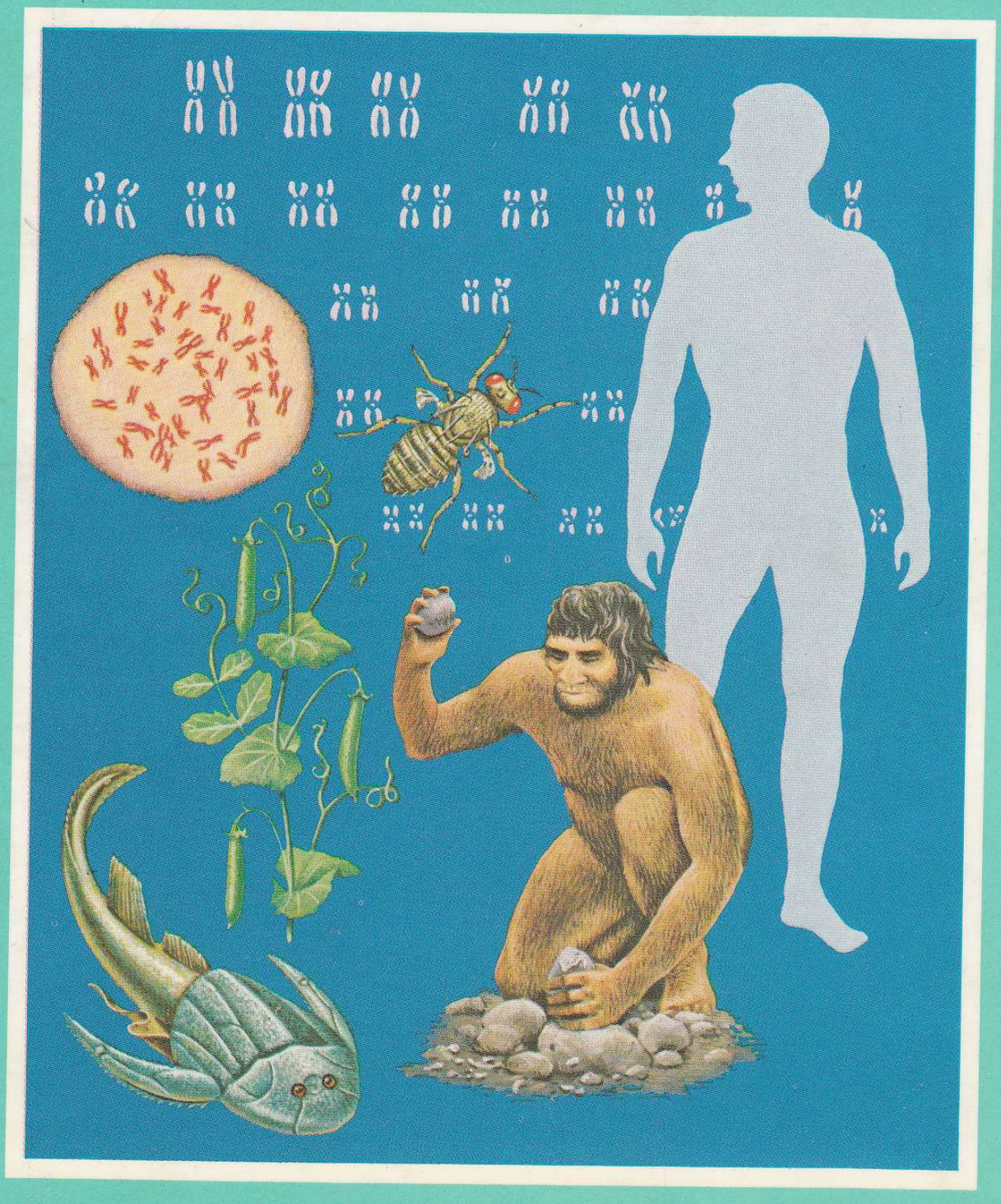
تکامل



تالیف

فرانک اچ. تی. رودز

ترجمهٔ

محمود بهزاد

هرمس بوک تقدیم می کند :

« تکامل »

برای دریافت کتب دیگر کلیک کنید :

hermes-book.mihanblog.com

بها :
با جلد سلوفانی نرم ۳۲۰ ریال
با جلد زرکوب ۳۸۰ ریال

تکامل

تالیف
فرانک اچ.تی.رودز

ترجمهٔ
محمود بهزاد

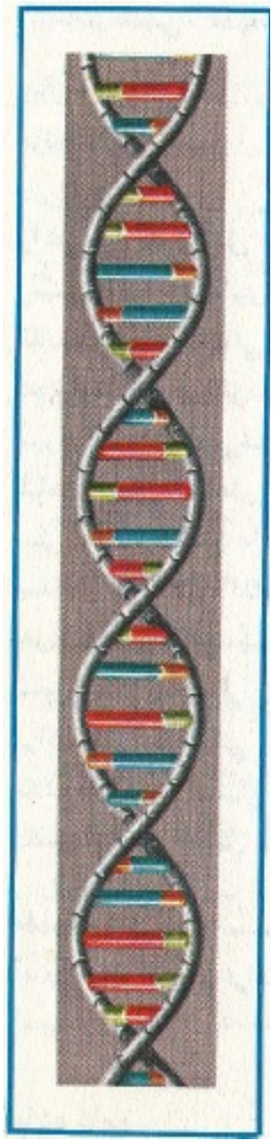
از انتشارات
انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط انسانی

This is an authorized Persian Translation of
EVOLUTION
BY
FRANK H. T. RHODES
The University of Michigan
ILLUSTRATED BY
REBECCA MERRILEES
AND
RUDY ZALLINGER
Under the General editorship of
VERA R. WEBSTER
Copyright 1974
by the Western Publishing Company, Inc.,
Racine, Wisconsin, U.S.A.

Tehran, 1977

از انتشارات
انجمن ملی حفاظت منابع طبیعی و محیط انسانی
تهیهٔ فیلم ، مونتاژ، کپی و نظارت بر چاپ : امین گرافیک
چاپ : چاپخانهٔ اورنگ
صحافی : شرکت افست (سهامی خاص)
شماره ثبت کتابخانهٔ ملی ۱۰۶۴ به تاریخ ۳۵/۸/۱۲
این کتاب در پنج هزار نسخه در بهمن ماه ۲۵۳۵ چاپ و منتشر گردید .

فهـرست مطـالب



نگاهی به عالم جانداران ۲–۲۸

گوناگونی جانداران ، پیدایش حیـات ، منشاء حیات ، خلق‌الساعـه ، رده بندی جانداران ، لینئوس، درجات مختلف گوناگونی جانداران ، کشف تاریخ دراز مدت حیات ، سفر داروین ، مجمع الجزایر گالا پاگـوس ، پژوهـش دربارهٔ مکانیسم تغییرات ، اصل انواع ، نظر داروین، قوانین وراثت ، جهش ، ترکیب جدید تئوری تکاملی .

اشارات تکامل ۲۹– ۵۸

پیوستگی ، وحدت جهان جانداران ، ماهیت حیـات ، ارتباط متقابل ، دلالتهـای ضمنی شباهت ، درجات شباهت ، شباهتهای زیست شیمیائی ، شباهتهای سرم شناسی ، سازگاری، پراکندگی جغرافیایی ،انواع زنده، تغییر انواع، گروههای بزرگتر از نوع ، حلقه‌های مفقـوده ، بررسی فسیلها .

فرایند تکامل ۵۸–۱۰۹

وراثـت : تقسیم سلولی ، الگوهای وراثـت ،

قوانین وراثت ، احتمالات وراثت ، مکانیسم وراثت ، ژنها ، کلید شیمیائی وراثت است ، ساخته شدن پروتئینها ، تغییر پذیری جانداران از چه ناشی می‌شود ؟ ، ترکیب مجدد ، جهشها ، رانش وراثتی ، جداماندن ، مهاجرت ،

انتخاب طبیعی : مدارک انتخاب طبیعی ، جمعیتهای طبیعی ، انتخاب طبیعی درحال عمل ، فسیلها ، دندانهای خرسهای غار ، سازگاری ، تقلید از محیط ، انتخاب جنسی ، اثرات آشکار انتخاب طبیعی ، حلقه‌های مفقوده ،

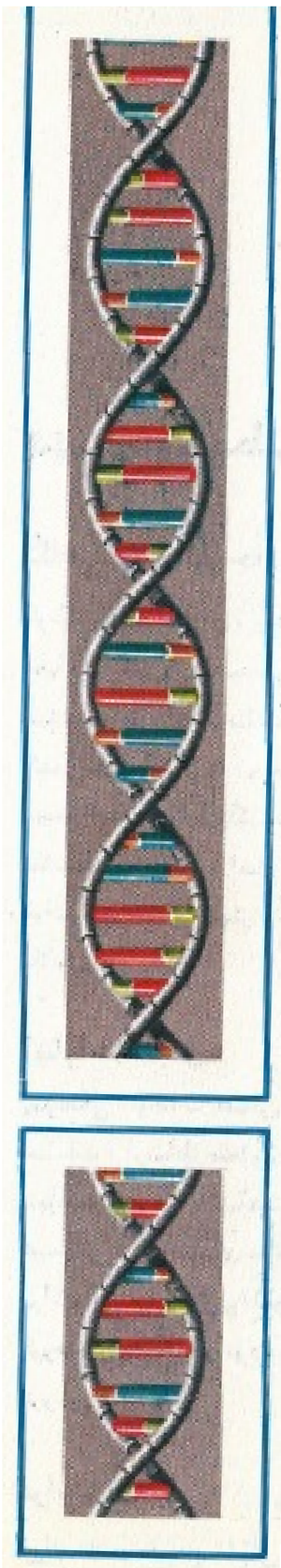
زمان : سرعت تکامل ، یک نسخه یا دستورالعمل برای تکامل .

راهی را که تکامل پیموده است ۱۱۰–۱۶۴

زمین اولیه ، پیدایش حیات ، فسیلها ، قدیمیترین فسیلهائی که در سنگها پیدا شده اند ، بی‌مهرگان دریایی ، قدیمیترین مهره‌داران ، حیات درخشکی ، تکامل پستانداران ، گیاهان خشکی ، گیاهان آوندی ، گیاهان آوندی بی دانه ، گیاهان دانه دار ، دوزیستیان ، پیدایش خزندگان ، انشعاب سازگار شونده‌ٔ خزندگان ، پرندگان ، پستانداران اوایل دوران سنوزوئیک ، پستانداران جدید ، مدرک تکامل ، پراکندگی جغرافیایی ، نخستیها ، آدمی – مانندها ، تیره‌ٔ آدمیان ، آدمی چیست ؟ ، تکامل ابزارها ، تکامل جامعه‌های انسانی .

مفهوم تکامل : پی آمدهای تکامل ، تکامل برای آدمی چشم اندازی فراهم می‌کند ، تکامل آتی آدمی .

واژه نامه ۱۶۵ – ۱۷۲



پیشگفتار

چگونگی پیدایش حیات و تکامل آدمی ، دو مسئله اند به قدمت خود آدمی . گواه این مدعا توضیحاتی است که بسیاری ازتمدنها دربارهٔ خلقت داده‌اند . ولی گرچه این مطلب قدیمی است اما پی‌آمدهای ارتباط آدمی با جهان جانداران درعصرفضا به همان اندازه قابل توجه است که درعصرحجر مورد توجه بوده است . کتاب حاضر شرح ساده ای است از تلاش آدمی برای کشف منشاء حیات و منشاء خود و رابطه‌اش با جهان جانداران . دراین کتاب پیشرفت تاریخی تئوری کنونی تکامل ــ یا اشتقاق همراه تغییر ــ و مدارکی که آن را تاءیید می کنند ، و ماهیت و مکانیسم آن ، و نتیجه اش در تاریخ درازمدت حیات ، شرح داده شده است .

کتاب با بخشی مربوط به مفهوم تکامل پایان می یابد ، زیرا تئوری تکامل اثرعمیقی برنظر آدمی دربارهٔ خود و ارتباطش با جهانی که درآن زندگی می‌کند ، داشته است . تئوری تکامل توضیح موءثری دربارهٔ چگونگی پیدایش حیات می دهد اما فراتر از تئوری تکامل این پرسش نهایی عرض اندام می کند که چرا حیات پیدا شده است و این چیزی است که تکامل بدان پاسخی نداده است . این پرسش که مربوط به مفهوم وسیعتر حیات است ، اگرچه روشهای تجریدی علم پاسخی برای آن ندارند ، نه بی‌معنی است و نه بی نتیجه . زیرا پاسخ فردی یا دسته جمعی ما به آن ، متضمن آیندهٔ تکامل و نیز آیندهٔ نوع آدمی و آیندهٔ مخلوقات بیشماری است که با آدمی در این سیارهٔ کم مایه زندگی می کنند .

از همکارم دکتر آلفرد اسمیت که با لطف فراوان نسخهٔ خطی این کتاب را خوانده اند سپاسگزارم .

فرانک اچ . تی . رودس

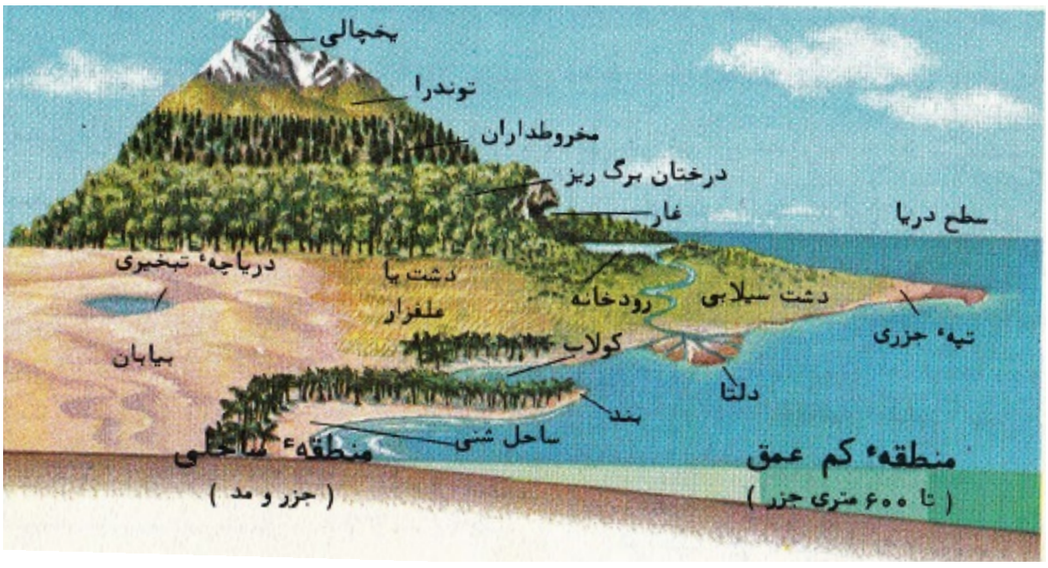
نگاهی به عالم جانداران

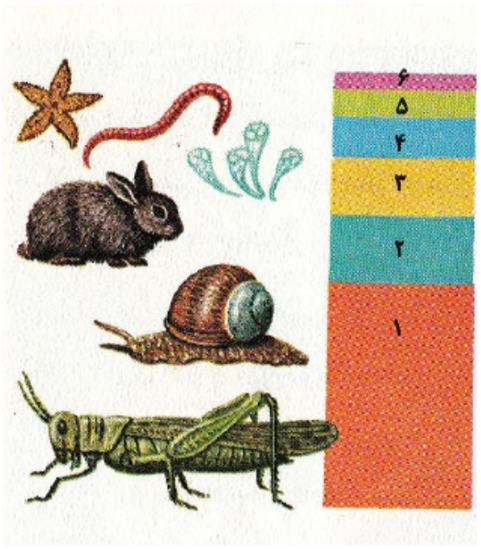
زمین پر از جاندار است . موجودات زنده ، از اعماق دریاها گرفته تا بلندترین قلل کوهها ، از بیشه های استوایی و چشمه های آبگرم گرفته تا سرزمینهای‌یخبندان قطبی ،از نور کور کننده و خشکی بیابانها گرفته تا تاریکیهای درون رودهٔ حیوانات ،در همه جا وجود دارند . به هر محیطی بنگریم ،در همهٔ گوشه و کنارهای دسترس یافتنی ، تعداد بیشماری‌جاندار سکونت دارند . زمین به راستی سیارهٔ حیات است .

بیشتر انواع حیوانات و گیاهان‌دارای افراد بیشمارند . مثلا " لایهٔ سطحی‌بیشترچمنها دارای‌میلیونها حیوان‌درهرهکتاراست . عدهٔ حیوانات و گیاهان‌میکروسکوپی از شمار بیرون است . یک گرم خاک ممکن است صدها میلیون‌جاندار داشته باشد . جمعیتهای‌حشرات و پرندگان‌به قدری‌زیاداند که در بعضی از محلها در حکم " آفت " اند .

احتمال‌دارد که زمین ،از این‌نظر ،یگانه نباشد . به طوری که محاسبه کرده اند امکان دارد که در میلیونها سیارهٔ موجود در نقاط دیگر گیتی ، اقسامی از جانداران وجود داشته باشند .

هرمحیطی‌اجتماع‌مشخصی از گیاهان و حیوانات را در خود جای‌می‌دهد .





گروههای عمدهٔ (شاخه ها) حیوانات

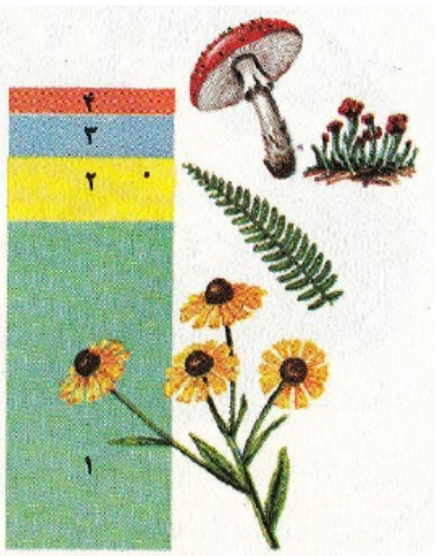
متجاوز از ۱،۰۰۰،۰۰۰ نوع

۱ ــ بند پایان	۹۰۰،۰۰۰
۲ ــ نرم تنان	۴۵،۰۰۰
۳ ــ طنابداران	۴۵،۰۰۰
۴ ــ آغازیان	۳۰،۰۰۰
۵ ــ کرم مانندها	۳۸،۰۰۰
۶ ــ دیگر بی مهرگان	۲۱،۰۰۰

گوناگونی جانداران از مشاهدهٔ بیش از یک میلیون نوع حیوان و بیش از ۳۵۰،۰۰۰ نوع گیاه موجود معلوم می شود .

جثهٔ حیوانات ازچند هزارم‌میلیمترتا ۳۰ متر متغیّر است .حیوانات به روشهای بسیار گوناگون زندگی می کنند : انگلی ، صیادی ، علفخواری ، شناگری ، پرواز ، خزیدن ، حفر زمین . بعضی از آنها همهٔ عمرشان را در نقطه‌ای ثابت می‌مانند ، عده ای هم مهاجرتهای فصلی هزارها کیلومتری می کنند .

با وجود آنکه حیوانات وگیاهان انواع گوناگون‌دارند اما فقط شامل چند گروه (شاخه) اصلی اند .



گروههای عمدهٔ (شاخه ها) گیاهان

در حدود ۳۵۰،۰۰۰ نوع

۱ ــ گیاهان گلدار	۲۵۰،۰۰۰
۲ ــ سرخسها ، مخروطداران ، و غیره	۱۰،۰۰۰
۳ ــ خزه ها و علفهای جگری	۲۳،۰۰۰
۴ ــ جلبکها و قارچها	۶۰،۰۰۰

پیدایش حیات، همواره یکی از مسائل مورد علاقهٔ آدمی بوده است. کتابهای آسمانی بسیاری از دین ها به بحث در این‌باره پرداخته اند. مثلا" نخستین بابهای سفر پیدایش کتاب مقدس به توالی آفریده‌شدن جهان و جانداران آن اختصاص دارد و در آن فصل آمده است که آدم برانواع گوناگون حیوانات و گیاهان نامی نهاده. طبقه‌بندی موجودات زنده کاری لازم می‌نمود. بعضی از گیاهان سمی بودند، و بعضی خوراکی. بعضی ازحیوانات زیان آور بودند و بعضی زیانی نداشتند. بقای آدمیان اولیه، به مهارت آنها در تشخیص هر نوع حیوان یا گیاه بستگی داشت. تجربهٔ روزمرهٔ آدمی و سنتهای دینی او در این مورد با هم جور در می‌آمدند که هر حیوان و گیاهی که وی می شناخت " از همنوعان خود " به وجود می آمدند.

آدمی در اوایل زندگی صیاد بود و این کار، او را در تماس دائم با حیوانات نگه می‌داشت، نقشهایی که بر دیوار غارهای قدیمی باقی‌مانده‌اند مدارکی هستند که این توجه او را نشان می‌دهند. اهلی‌کردن بعدی حیوانات و برداشت محصول بر علاقهٔ او به جانداران افزوده است.

آفرینش آدم اثر میکل آنژ، که بر سقف کلیسای سیستین نقش شده است.

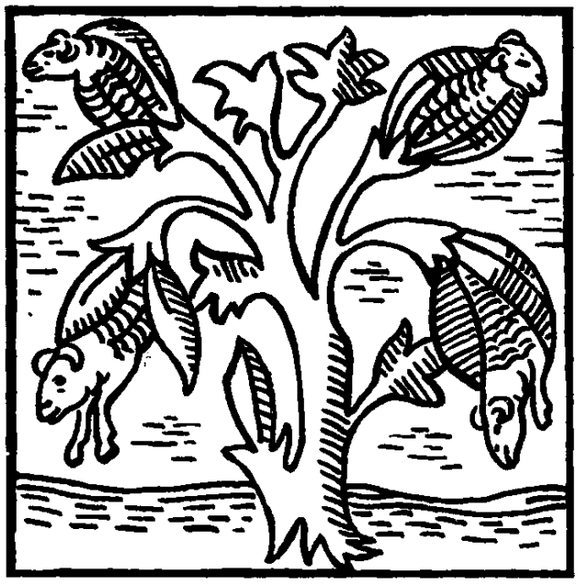
ارسطو، فیلسوف یونانی، یکی از نخستین و بزرگترین زیست‌شناسان نیز بوده است. وی در بارهٔ رده‌بندی و ساخت بدن بیش از ۵۰۰ نوع حیوان ناحیه مدیترانه به تفصیل نوشته است. ارسطو مشاهده گری با استعداد بود و جزئیات چیزهایی مثل جنین شناسی مرغ را توضیح داد. او خلق الساعهٔ مگس را، از مواد در حال فساد، پذیرفت و نیز به مسائل وراثت علاقه مند بود

ارسطو (۳۸۴ تا ۳۲۲ پیش از میلاد) ، شاگرد افلاطون و استاد اسکندر بود. به نظر او انواع جانداران تغییر نمی کردند. گاو فقط گاو تولید می‌کرد و اسب فقط اسب به وجود می آورد. میان گاو و اسب تفاوتی آشکار وجود داشت. انواع جانداران به وسیلهٔ جدایی تولید مثل متمایز بودند. به نظر ارسطو، افراد جانداران با چنان استعداد (یا روحی) به‌وجود می آمدند که خصوصیات نوعی آنها با نمونهٔ اصلی خویشاوندی جور در می‌آمدند. وی یک " نردبان طبیعت " ترتیب داد که وحدت طرح را نشان می داد.

پیروان ذیمقراطیس، بر خلاف ارسطو که نظرش " ویتالیست " بود " مکانیست " بودند. اینان عقیده داشتند که فعالیت هر جاندار نتیجهٔ اثرات متقابل اتمهای سازندهٔ بدن آن جاندار بر یکدیگر است. اگرچه مباحثه و مجادلهٔ ویتالیستها و مکانیستها هنوز هم ادامه دارد، و پندار ناسازگاری دین و علم موردی از آن است، اما این دو نظریه مکمل یکدیگرند نه رقیب یکدیگر. در بعضی موارد به‌استفاده ازهردو نظریه نیازداریم (صفحه ۱۶۴) .

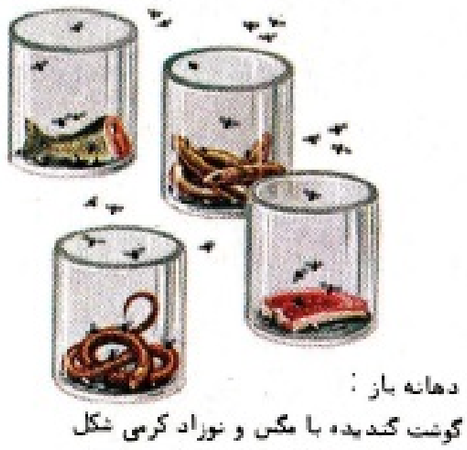
بحث این کتاب بر پایهٔ " مکانیستی " استوار است . (چیزها " چگونه" پدید می‌آیند نه اینکه "چرا "پدید می‌آیند) ولی این بدان معنی نیست که حیات مفهوم و هدفی ندارد .

منشاء حیات تا مدتها رویدادی ناگهانی پنداشته می شد : موجودات زنده از مواد غیر زنده به وجود می آیند . اگرچه معتقد بودند که گروههای گوناگون موجودات زنده به ترتیبی مشخص آفریده شده اند ، اما فرض این بود که هر نوع حیوان یا گیاه ، به صورتی " یکپارچه و کامل" ازغبار زمین به وجود آمده است . این نظریه هیچ تناقض آشکاری در بر نداشت . مثلا" همه می توانستند ببینند که مگسها ازکرمهایی تولیدمی‌شوند که " ناگهان " از گوشت گندیده به وجود می آیند . خلق الساعهٔ موجودات زنده مورد قبول همهٔ جهانیان بود . هنوز هم دربارهٔ حشرات موذی که از کثافت "عمل می‌آیند "صحبت می‌شود .این نظریه صرفه‌جویانه نیز بود .زیرا تنها به توضیح یک مقوله نیاز داشت .در نظریه های‌متداول امروزی‌نه تنها به توضیحی دربارهٔ منشاء حیات‌نیاز نیست بلکه به توضیحی برای منشاء انواع نیز نیاز نداریم .



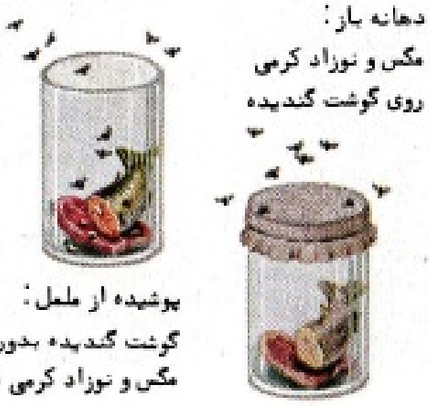
یکی از نظریه‌های قدیمی دربارهٔ منشاء حیات این بود که گوسفند از درخت به عمل می آید .
(از واین برگ)

خلق الساعهٔ موجودات‌زنده از مواد بیجان در قرن‌هفدهم به‌صورتی‌فرایـنده،تردید آمیز به نظر رسید . فرانچسکوردی (۱۶۲۱ تا ـ ۱۶۹۷) پزشک‌ایتالیایی به این نتیجه رسید که کرمهای روی‌گوشت‌گندیده از خود گوشت به عمل نمی‌آیند بلکه ازتخمهایی نتیجه می شوند که مگسها روی آن می گذارند .



دهانه باز :
گوشت گندیده با مگس و نوزاد کرمی شکل

دهانه بسته :
گوشت گندیده بدون مگس و نوزاد کرمی شکل



دهانه باز :
مگس و نوزاد کرمی
روی گوشت گندیده

پوشیده از ململ :
گوشت گندیده بدون
مگس و نوزاد کرمی شکل

ردی ، مار مرده ، مقـداری ماهی‌و قطعه ای گوشت گوساله را درچهـار ظرف دهانه باز قرار داد ، و همـان چیزها را درچهارظرف‌نظیر قرارداد اما دهانهٔ آنها را بست ومحکم‌کرد . مگسها مرتبا" روی‌گوشت ظرفهای دهانه بازمی‌نشستندوآنها را پراز نوزادکرمی شکل‌می‌کردند. اماهیچ‌نوزادکرمی شکل درظرفهای‌دهانه‌بسته ظاهرنمی‌شد .

ردی با اطلاع از این موضـوع که‌بعضیها می‌پنداشتندکه‌برای‌تولید مگس هوا لازم‌است ، آزمایش راتکرار کردولی‌دهانهٔ‌ظرف‌را با ململ‌پوشاند تا هوا وارد شود و مگس وارد نشود . باز هم نوزاد کرمی شکل ظاهرنشد . این آزمایش معروفترین‌مدرک‌خلق‌ـ الساعه را بی اعتبار کرد .

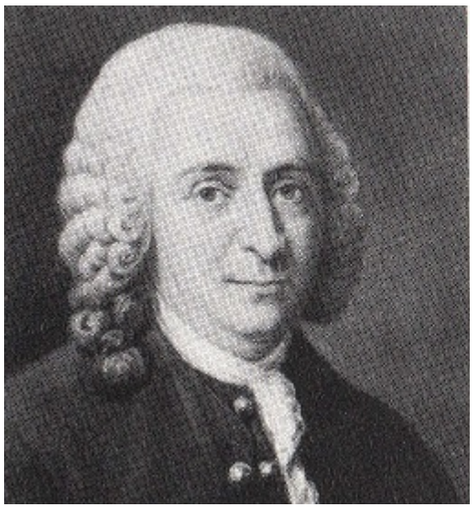
پاستور آزمایش ردی را ، در اواسط قرن‌هیجدهم، باموشکافی‌بیشتربه‌کار گرفت‌و نشان‌داد که‌فساد وتخمیر نتیجهٔ کارجاندارانی‌است که‌درهواوجوددارند.

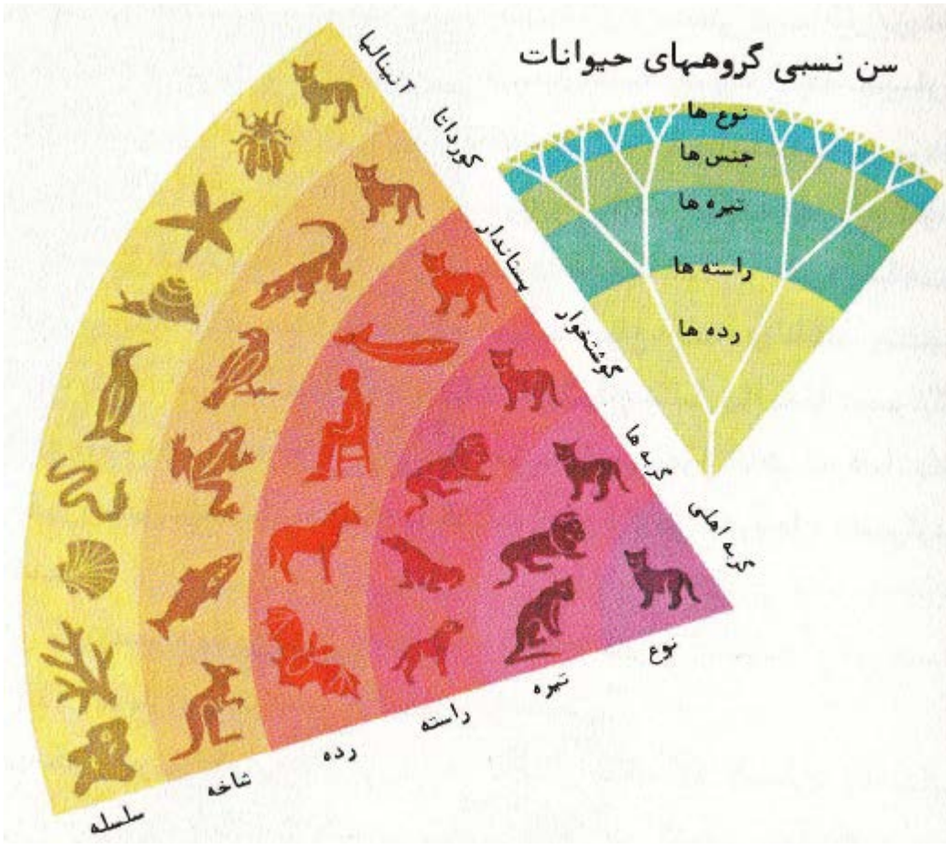
رده بندی جانداران را ارسطو، در قرن چهارم پیش از میلاد ابداع کرده است. این کار او تا قرن نوزدهم بی‌چون و چرا مورد قبول بود. رده بندی ارسطو ترتیب کاملی از پست‌ترین جانداران تا عالیترین آنها ــ یعنی آدمی را در برداشت.

در نتیجهٔ سفرهای اکتشافی قرنهای پانزدهم و شانزدهم و اختراع میکروسکوپ، انواع گوناگونی از صورتها و کنشهای حیوانی و گیاهی کشف شدند که ارسطو از آنها آگاه نبود. با این مشاهدات جدید، رده بندی دستخوش تغییر شد.

جان ری (۱۶۲۷ تا ۱۷۰۵) طبیعیدان انگلیسی نظر کنونی دربارهٔ انواع و دسته های عالیتر جانداران در رده ــ بندی را بنیاد گذارد. ری نشان داد که گروههای دارای انواع مشابه را می توان دسته بندی کرد. وی نام این گروهها را جنس نامید. این سیستم پایهٔ سیستم بین المللی معمول امروزی است.

کارل لینئوس (۱۷۰۷ تا ۱۷۷۸) طبیعیدان سوئدی سیستم و روش کنونی رده بندی زیست شناختی (تاکسونومی) را ابداع کرد. وی سیستم یکسانی برای رده بندی و نامگذاری به کار برد. دهمین چاپ کتاب "سیستم طبیعی" او (۱۷۳۵)، نشانهٔ آغاز تاکسونومی جدید است.





رده بندی به‌صورتی که لینه ترتیب داده است ،ازسلسله گرفته تا نوع‌شباهت فرایند ه ای در هر گروه نشان می‌دهد.
به تصویر سمت راست که توضیح تکاملی نوین اشتقاق جانداران است توجه کنید .

در نامگذاری دو اسمی برای رده‌بندی که لینئوس بنیادگذارده‌است ، هرنوع جاندار دو نام دارد : نخستین نام ، نام جنس حیوان ، و دومین‌نام ،نام نوع آن است . مثلا " گربه " فلیس کاتوس " است و حال آنکه شیر " فلیس لئو " نامیده می‌شود . لینئوس این رده بندی کوتاه را که درسراسر جهان‌قابل فهم است برای رده بندی همهٔ انواعی که در عصراوشناخته‌شده‌بودندبه‌کاربرد .

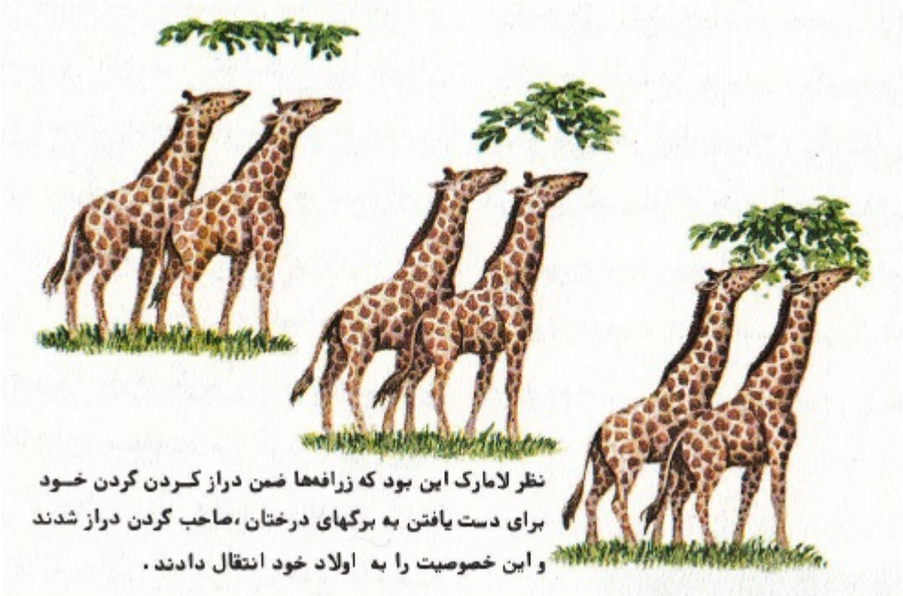
لینئوس و بیشتر همعصران او چنین پذیرفتند که هر نوع‌جاندار ، مشخص و تغییرناپذیراست و درجهٔ شباهت آنها به یکدیگر ، گویای‌شباهت آنها به نمونهٔ اصلی یا مدلی است که هریک از روی آن خلق شده است .

درجات مختلف گوناگونی جانداران، بعضی از دانش پژوهان قرن‌هیجدهم را به استنتاجی‌رهنمون‌شد که با آنچه لینئوس و معاصرانش دریافته بودند کاملا" تفاوت داشت. آن استنتاج این بودکه احتمال دارد انواع جانداران تغییر ناپذیر و ثابت نباشد، و انواع کنونی بر اثر تغییر تدریجی از انواع قدیم نتیجه شده باشند، و درجهٔ شباهت میان آنها گویای درجهٔ خویشاوندی آنها با انواع اجدادی باشد، وتغییر، خصوصیت اساسی انواع باشد، نه ثبات، و انواع تکامل یافته یا تغییرشکل حاصل‌کرده باشند نه آنکه از آغاز به صورت کنونی‌خود ظاهر شده باشند، و یکباره خلق‌نشده باشند بلکه با گذشت زمان‌طولانی تدریجا" تغییرکرده باشند.

ژان باپتیست دولامارک (۱۷۴۴ تا ۱۸۲۹) سربازوزیست‌شناس فرانسوی بنیانگذار بررسی حیوانات بی مهره بود. وی بر این نکته تاءکید می‌کرد که هیچ مرز قاطعی، نوعی را از نوع دیگر جدا نمی‌کند و انواع فقط در محیطهای تغییر ناپذیر دارای خصوصیات ثابت‌اند. به نظر او هنگامی که محیط تغییر می کند، استفادهٔ فزاینده ازیک عضو یا عدم استفاده از آن باعث بروز تغییرات موروثی می شود. مثلا" گردن دراز زرافه را می‌توان با عادت درازمدت رساندن‌سرحیوان‌به برگهای‌درختان به بهترین‌صورت توضیح داد. بنابر تئوری لامارک رشد نسبی هر عضو نتیجهٔ میزان استفاده از آن عضو است.

اعتقاد لامارک به اینکه خصوصیات اکتسابی می توانندبه‌ارث برسند پذیرفته نیست، ولی اعتراف او به تکامل‌اهمیت فراوان داشت.

اراسموس داروین (۱۷۳۱ تا ۱۸۰۲) پدر بزرگ چارلزداروین ، پزشک و شاعر و طبیعیدان بود . وی متوجه شدکه افراد جانداران درطول زندگی خود تغییرمی‌کنند (مثل‌قورباغه) . انتخاب نژادهای ممتاز باعث تغییر شکل‌اسبان وسگان‌می‌شود ،اقلیمهای متفاوت درجانداران تغییر به وجود می آورند و پستانداران باهم خویشاوندی نزدیک‌دارند و این خویشاوندی به نظر وی دلالت‌دارد براصل مشترک آنها .



نظر لامارک این بود که زرافه‌ها ضمن دراز کردن گردن خود برای دست یافتن به برگهای درختان ،صاحب گردن دراز شدند و این خصوصیت را به اولاد خود انتقال دادند .

نظریه‌های تکاملی اراسموس داروین و لامارک نه تنها پذیرفته‌نشدند بلکه دانشمندان همعصرآنها آن نظریه ها را به مسخره گرفتند .علت‌آن ،تند رویهای لامارک و پیروانش در تفسیر بعضی از مشاهدات بود . علت دیگر این بود که تجربهٔ روزمرهٔ آدمی تئوری لامارک را دربارهٔ پیدایش انواع چندان‌تأیید نمی‌کرد .و با وجود مدارک موجود ، کسی تا آن وقت ندیده بود که نوعی به نوع دیگر تبدیل شود .

کشف تاریخ دراز مدت حیات ، در قرنهای هیجدهم و نوزدهم انجام گرفت و آن هنگامی بود که همگان متوجه شدند که فسیلها ، بقایای حیوانات و گیاهانی هستند که زمانی بر روی زمین زندگی می کرده اند . فسیلها آشکار ساختند که بسیاری از انواع منقرض شده اند و بیشتر انواع زنده به تازگی پیدا شده اند . اگر انواع تغییر ناپذیر باشند چگونه می توان این تغییر الگوی جانداران را توضیح داد ؟ در قرن نوزدهم دو مکتب با نظریه های مخالف ، پیدا شدند :

پیروان نظریهٔ فاجعه های بزرگ (کاتاستروفیستها) تلاش می کردند آنچه را که ازفسیلها استنباط می شد با نخستین بابهای سفر پیدایش تطبیق دهند . به نظر آنها طوفان نوح آخرین فاجعه ازسلسله فاجعه ـ های بزرگی بود که همهٔ جانداران را ازبین می بردند . بعد از هر فاجعهٔ بزرگ آفرینش جدیدی انجام می گرفت و زمین را باردیگر پراز انواع حیوانات و گیاهان متفاوت می کرد . این دسته نیز از میان می رفتند و بقایای آنها در لایه هایی که براثر وقوع فاجعه بزرگ بعدی حاصل می شدند محفوظ می ماندند .

ژرژ کوویه (۱۷۶۹تا۱۸۳۲) دانشمند برجسته فرانسوی متخصص درکالبد ـ شناسی و دیرین شناسی ، فسیلهای پستانداران حوضهٔ پاریس را بررسی کرده است . توالی انواع گوناگون به نظر اوگویای چندفاجعهٔ بزرگ جهانی است که طوفان نوح آخرین آنهاست . کوویه می پنداشت که بعضی از انواع باقی می ماندند و بار دیگر عدهٔ آنها زیاد می شد ، اما عدهٔ دیگرگمان می ـ کردند که بعد از هر فاجعهٔ بزرگ خلقتی جدید صورت می گرفته است . بر روی هم ۳۰ فاجعهٔ بزرگ فرض شده بود .

پیروان نظریهٔ تغییرات تدریجی (گراجوآلیستها) معتقد بودند که از بررسی فسیلها هیچ گونه فاجعهٔ بزرگ‌جهانی‌معلوم‌نشده است، اگرچه در بسیاری از موارد تخریب‌سطحی زمین و تغییر محیط ته نشین شدن سنگها به وقوع پیوسته است، واگرچه این تغییرات غالبا "جانشین شدن کامل نوعی فسیل را به وسیلهٔ نوع دیگر نشان می دهند، اما واقع امر این است که اینها تغییرات کوچک محلی‌نامنظم‌اندنه‌تغییراتی‌به‌مقیاس جهانی. پیروان نظریهٔ تغییرات تدریجی‌معتقدند که انواع درنتیجهٔ تغییرکند جانداران‌اجدادی‌به وجود آمده اند.

جمزهاتن (۱۷۲۶ تا ۱۷۹۷) پزشک و ملاک عالم به علم‌کشاورزی اسکاتلندی، بنیانگذار زمین شناسی جدید است. وی متوجه شد که بسیاری از سنگها حاصل تخریب و ته نشین‌شدن‌درمحیطهایی‌هستند که اکنون نیز همانند آنها وجود دارند. این نظریه که یکنواختی (اونیفورمیتاریانیسم)خوانده‌می‌شود، آنچه را برزمین‌گذشته است‌براساس فرایند های کنونی توضیح می دهد.

چارلزلایل (از۱۷۹۷تا۱۸۷۵) سرباز، قانوندان و زمین شناس‌اسکاتلندی، به سال ۱۸۳۰ کتابی‌به نام اصول زمین شناسی نوشت. کتاب ۱۲ بار به چاپ‌رسید وتاءثیرعظیمی‌برجای گذاشت. لایل در این کتاب، با اثبات‌درستی و توسعهٔ نظریهٔ "یکنواختی "هاتن، به علم‌زمین‌شناسی اعتبار بخشید. لایل نخستین‌کسی بود که کلمه "تکامل" را به مفهوم امروزی آن به کاربرد.

کشفیات‌جدید به رد تدریجی نظریهٔ فاجعه های بزرگ انجامیدند. نخست آنکه عدهٔ فاجعه های بزرگ لازم برای توجیه فسیلها همواره رو به افزایش نهاد تا بدانجا که نظریه از اعتبار افتاد. دوم آنکه معلوم شد آثاری را که در سنگها وجود دارند می توان به جای‌فاجعه‌های بزرگ‌ناشناخته، براساس فرایندهای امروزی قابل مشاهده، به صورتی رضایت بخش توضیح داد. از این‌گذشته معلوم‌شد سنگهایی‌که گمان می رفت‌از " طوفان نوح " در بیشتر نقاط اروپا و امریکای شمالی برجای مانده اند، از رسوبات یخچالی اند. مدارک روزافزونی در زمینهٔ پیوستگی (یا تکامل) فسیلها به دست آمدند. داروین و والاس برای فرایند تکامل مکانیسمی پذیرفتنی اندیشیدند.

سفر داروین با کشتی بیگل، نظر جهانیان را دربارهٔ **تکامل‌و پیدایش** انواع تغییر داد. تا پیش از انتشار کتاب اصل انواع **داروین به سال ۱۸۵۹**، **نظریهٔ تکامل عموما " مردود بود.**

داروین، نخستین جلد کتاب **اصول** زمین **شناسی**، لایل را که به‌تازگی منتشر شده بود، در سفر به همراه داشت و بسیارتحت‌تاءثیرمطالب‌آن قرار گرفته بود. لایل اظهارداشته بود که وضع کنونی‌سطح زمین‌نتیجهٔ تاءثیر نیروهای طبیعی مثل‌تخریب رودخانه ای، آتشفشانها، و تغییر سطح دریاهاست. داروین این گونه نظریه ها را در روشن‌ساختن‌زمین‌شناسی‌ناحیه هایی‌که بازدید می‌کرد به‌کاربرد. این‌نظریه‌هابراندیشه‌های او در مورد منشاءانواع اثرگذاشتند.

مسیرکشتی بیگل‌در نقشهٔ بالا نشان‌داده شده‌است .احتمال دارد که داروین، در مدت اقامت خود در امریکای جنوبی به بیماری شاگاس، که تا پایان‌عمر او را رنج می‌داد ، مبتلا شده باشد .

داروین روز ۱۲ فوریه سال ۱۸۰۹ در شروزبری‌انگلستان‌به دنیا آمد . و پس از دوسال تحصیل پزشکی در ادینبورو به کمبریج آمد و به‌سال ۱۸۳۱ از آنجا فارغ‌التحصیل شد . پس از آن به عنوان‌طبیعیدان‌همسفرکشتی بیگل شد . بیگل یک کشتی ۲۴۰ تنی و مجهز به ۱۰ توپ و ماٴمور تحقیق دربارهٔ جنوب امریکا و از آنجا سفر به دور دنیا بود . سفر بیگل ۵ سال به طـــول انجامید . ژرف نگریهای داروین در این سفر شالودهٔ اثری شد که انتشـار داد . داروین سهم بزرگی در شناخت زمین شناسی امریکای جنوبی ، منشاٴ جزایر مرجانی ، خویشاوندی حیوانات امروزی و فسیل ، ساخت و سازگاری‌و توزیع‌جغرافیایی‌حیوانات ،داشته است .این بررسیها بعدا " شالودهٔ تئوری تکامل او شدند .

فسیلهای مهره داران که داروین در آرژانتین و دیگر نقاط به دست‌آورد شامل‌توکسودون ، پستانداران‌به‌جثهٔ فیل وبسیارشبیه کرگدن‌بود . داروین (به غلط) می‌پنداشت‌که این حیوان خویشاوندی فیـــل و کرگدن را نشان می دهد .

داروین دندانهای فسیل‌شدهٔ اسبانی را یافت‌که همزمان‌توکسودون بوده اند و با آن منقرض شده اند ، حال آنکه در نقاط دیگر باقی مانده اند . این نظریهٔ انقراض جانوران ، درنتیجهٔ فاجعه های بزرگ جهانی را مورد تردید قرار داد . **شباهت** بعضی‌از فسیلهای‌مهره داران مثل گلیپتودون غول پیکر که شبیه آرمادیلو است به انواع‌زندهٔ امروزی، داروین‌را به‌این‌فکر واداشت‌که اینها در نتیجهٔ تکامل از آنها به وجود آمده اند .

مجمع الجزایر گالاپاگوس ، که در اقیانوس آرام ، در حدود ۹۶۰ کیلومتری ساحل غربی اکوآدور واقع است ، شامل ۱۴ جزیره سنگی متروک است که از بقایای آتشفشانیهای خاموش اند . این جزیره ها را آبهای‌عمیق ازیکدیگر جدا می کنند و باد ، و جریانهای دریایی به هیچ صورتی‌حیوانات‌کوچک یا دانه ها را از جزیره ای به جزیرهٔ دیگرنمی‌برند . نبودن پستاندار در این جزیره ها این امکان را به وجود آورده است‌که لاکپشتان غول پیکر با خاطری جمع به چرا مشغول شوند ، و سوسماران‌خود را به آب دریا بزنند و سهره ها در کنجهایی زندگی‌کنند که درمناطق‌دیگر مورد اشغال انواع دیگر پرندگان است .

داروین‌کشف کرد که گرچه همهٔ جزیره ها آب و هوا و محیط مشابه دارند و فاصله آنها ازیکدیگرفقط درحدود ۸۰ کیلومتراست‌اما هرجزیره‌ای حیوانات و گیاهانی مخصوص به خود دارد ــ این حیوانات و گیاهان شبیه حیوانات و گیاهان‌جزایرمجاورند ولی در عین حال از آنها متمایزند .این پدیده داروین را به این فکر انداخت که انواع مشابه از جدّ مشترکی‌نتیجه شده اند ، و جدا از یکدیگر خلق نشده اند .

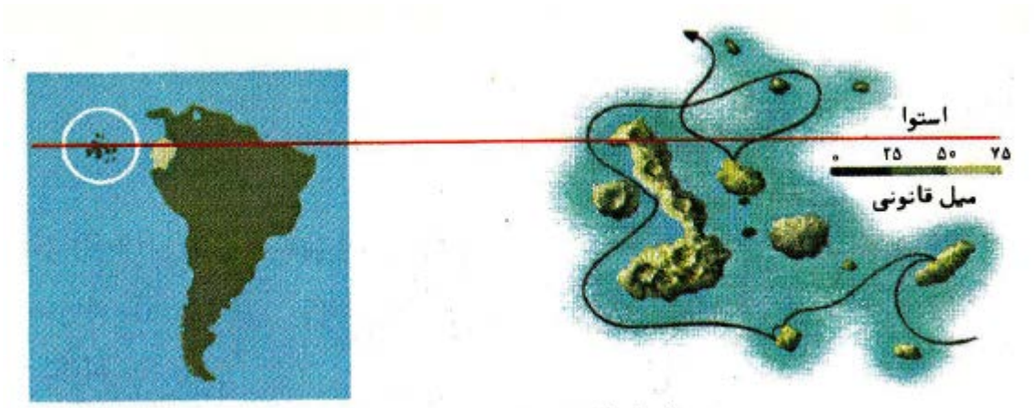
جزیره ها به تازگی به وجود آمده اند ،و حیوانات‌آنها که منشاء شان

از قارهٔ امریکای جنوبی است نشان می‌دهند که چگونه جانداران می‌توانند ، در جریان تکاملی نسبتا " سریع ، در محیطی خالی ساکن شوند و با آن سازگاری یابند .

ایگوآناها که درازیشان به ۱/۲۰متر می رسد و ظاهری ترسناک دارند ، علفخواران بی آزاری هستند که از

جلبکهای دریایی تغذیه می‌کنند . اینها که فقط درگالاپاگوس یافت می‌شوندوتنهاسوسماران دریایی‌اند ، شناگران ماهری هستندکه انگشتان پاهای آنها پرده داراست و دم پهنشان در شناگری به کار می آید . دو نوع از آنها هستکه به یک‌جنس تعلق دارند . هر جزیره ای نژاد مخصوص دارد که تفاوت افراد آن ، از گروهی به گروه دیگر ، کم است .

لاکپشت غول‌پیکر که وزن آن به ۱۲۵ کیلوگرم می رسد ، گیاهخوار است و کنجی را اشغال می کند که درمناطق دیگر دراشغال‌پستانداران‌است . این لاکپشتان فقط در مجمع الجزایر گالاپاگوس یافت‌می‌شوند و هرجزیرهٔ بزرگ صنفی خاص خود دارد . تفاوتهایی که در میان افراد هرگروه از یک نوع لاکپشت دیده می شود ، چنان‌به‌تفاوتهای‌افراد انواع‌سهره ـ های جزایرگالاپاگوس شباهت‌داردکه داروین می نویسد : " به گمان من (انواع سهره‌ها)فقط اصناف‌اند "



مجمع‌الجزایر گالاپاگوس و مسیر کشتی بیگل در آن

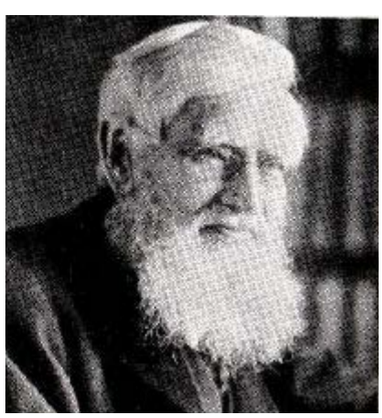
سهره های مجمع الجزایر گالاپاگوس شباهتی کلی به یکدیگر و به سهره‌های قارهٔ امریکای جنوبی نشان‌می‌دهند ولی سهره های هر جزیره تفاوتهای جزئی با سهره های جزایر مجاور دارند . سیزده نوع سهرهٔ متفاوت ، از اقسامی که روی زمین زندگی می‌کنند و دانه خوارند ومنقار بزرگ و قوی دارند گرفته تا اقسامی که روی‌درختان به سر می‌برند ومنقار دراز و نوک تیز دارند ، به عالیترین صورت درجه بندی شده اند .

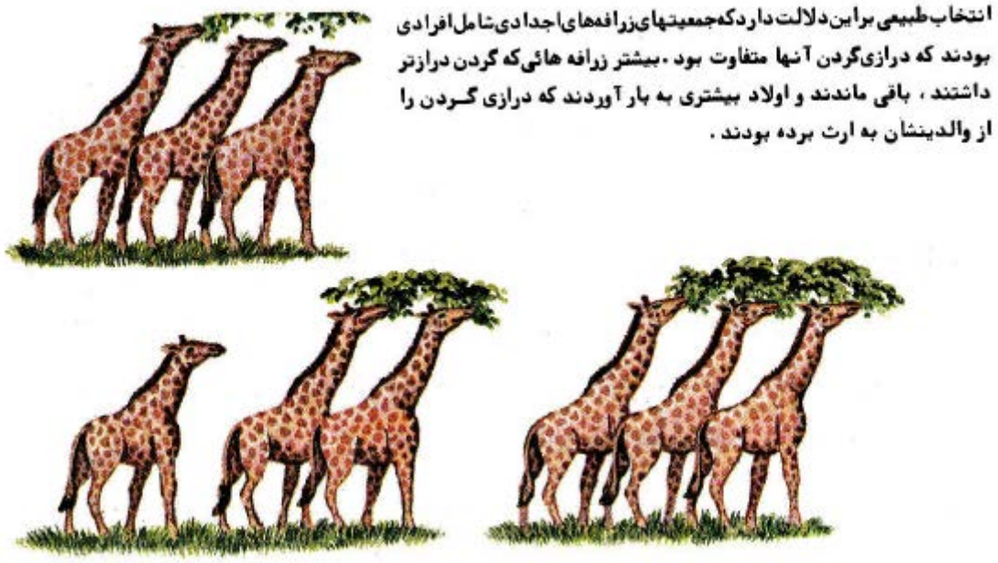
داروین از این در شگفت بود که اگر این سهره‌ها جدا از یکدیگر خلق شده اند ، چرا به یکدیگر و به سهره های قارهٔ امریکای جنوبی شباهت دارند ، حال آنکه پرندگان جزایر دماغهٔ سبز ،که در همان‌عرض جغرافیایی‌به سرمی‌برند به پرندگان افریقا شبیه اند ؟داروین می‌نویسد : "به راستی می‌توان‌تصورکردکه . . . . یک نوع برای هدفهای متفاوت‌تغییر شکل‌داده شده است . " این‌سهره‌ها درصفحهٔ ۹۰ نشان داده شده‌اند .

پژوهش دربارهٔ مکانیسم تغییرات آغازشد .چارلزداروین درماه اکتبرسال۱۸۳۶باکشتی بیگل‌به انگلستان‌باز گشت . وی‌نخستین‌دفترچهٔ یادداشتهای خود دربارهٔ تحول انواع را گشود . داروین در آن موقع ۲۷ ساله بود . داروین دیده بود که می توان‌با انتخاب‌جانوران‌اهلی‌دارای‌تفاوتهای کوچک ،و جفت‌کردن آنها با یکدیگر ، افراد دارای آن تفاوتها به وجود آورد . او از خود می پرسید :آیا چنین تحولاتی که در افراد یک نوع حاصل می شود ، بین انواع نیزبه وقوع‌می‌پیوندد ، به طوری که یک نوع سرانجام باعث پیدایش نوعی دیگرشود ؟ مشاهدات داروین به این پرسش پاسخ مثبت می دادند ولی او روش چنین تحولی را نمی شناخت .

آلفرد راسل‌والاس (۱۸۳۲ تا ۱۹۱۳) نقشه بردار و طبیعیدان انگلیسی، از پیش خود تئوری انتخاب طبیعی را یافته بود. او که واقعیت تکامل را پذیرفته بود. هنگامی نظریهٔ انتخاب طبیعی به ذهنش راه یافت که در بستر بیماری از تب می سوخت. این حادثه در فوریه سال ۱۸۵۸ در مجمع الجزایر مولوک روی داده بود. او "مقاله‌ای درباب جمعیت" نوشته رابرت مالتوس را، که ۱۲ سال پیش از آن خوانده بود به یاد آورده بود. او آشکارا نظر مالتوس را در تکامل صادق می‌دید. می نویسد: "این فکر ناگهان به ذهنم راه یافت". والاس پیشاهنگ برجسته‌ای در بررسی توزیع حیوانات در روی زمین وکشف اهمیت این پدیده برای تئوری تکامل نیز بود (صفحه ۴۳).

رابرت مالتوس (۱۷۶۶ تا ۱۸۳۴) کشیش و اقتصاد دان انگلیسی بود. وی به بی نقص بودن آدمی واحتمال صلح جهانی، برابری و وفور نعمت، که سیاستمداران و فلاسفهٔ معتقد به اصالت سودمندی در قرن هیجدهم از آن دفاع می کردند اعتقاد نداشت. مالتوس به سال ۱۷۹۸ مقاله ای بی‌امضاء به‌نام "مقاله‌ای درباب جمعیت" نوشت و در آن شرح داد که جمعیت آدمیان نمی‌تواند به صورتی نامحدود افزایش یابد. جمعیتها به تصاعد هندسی زیاد می‌شوند وخوراک نمی‌تواند با همان نرخ افزایش یابد. قحطی، بیماری و جنگ جمعیتهای فرایندهٔ آدمی را محدود خواهند کرد.





انتخاب طبیعی براین دلالت داردکه جمعیتهای زرافه‌های اجدادی شامل افرادی بودند که درازی گردن آنها متفاوت بود. بیشتر زرافه هائی که گردن درازتر داشتند، باقی ماندند و اولاد بیشتری به بار آوردند که درازی گردن را از والدینشان به ارث برده بودند.

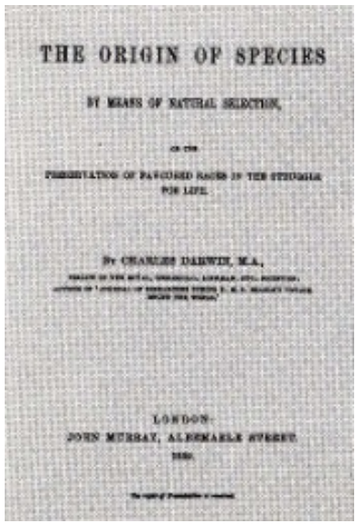
داروین می نویسد: " در اکتبر سال ۱۸۳۸ برحسب تصادف کتاب مالتوس را برای سرگرمی خواندم. آمادگی من به درک تنازع بقا، که در همه جا روی می دهد و آن را از مشاهدات طولانی و مداوم خود در عادات حیوانات و گیاهان استنباط کرده بودم، این نکته را ناگهان به ذهن من راه داد که در این اوضاع و احوال، تفاوتهای مساعدی که در افراد جانداران به‌وجود می آیند حفظ می شوند و تفاوتهای نامساعد از میان می روند، نتیجه این عمل پیدایش انواع جدید خواهد بود."

داروین این فرایند را " انتخاب طبیعی " نامید. و اظهار داشت آن دسته از افراد مخصوص که بهتر به محیط سازگارند عمری درازتر از دیگر افراد خواهند داشت. از آنجا که اولاد آنها سهمی از صفات والدین خود به ارث می برند، در طی نسلهای متمادی برجسته ترین صفات به‌صورت غالب در می آیند. داروین این تئوری را به سال ۱۸۴۲ به اختصارنوشت و دوسال بعد خلاصهٔ مفصلتری از آن را به‌رشته تحریر در آورد. این نوشته‌ها تا سال ۱۸۵۸ منتشر نشدند. در طول چهارده سال بعد اطلاعاتی برای رسالهٔ چهارده جلدی خود گردآوری کرد. ولی این رساله هرگزچاپ نشد.

اصل انواع در تابستان سال ۱۸۵۸ ، دست نوشتهٔ آلفرد راسل والاس به داروین رسید که عنوانش این بود : " دربارهٔ گرایش اصناف به انحراف نامحدود از نوع اولیه" .والاس پیش خود به این نتیجه رسیده بود که انتخاب طبیعی نقش مهمی در پیدایش انواع جدید ایفا کرده است . داروین که از خواندن نامه بیمناک شده بود فکر کرد که نوشته های خود را منتشر نکند ، ولی سرانجام نوشتهٔ هردو نفر باهم در ماه ژوئیه سال ۱۸۵۸ در انجمن لینهٔ لندن خوانده شد .

داروین در ۲۴ نوامبر سال ۱۸۵۹ کتاب " اصل انواع " را منتشر ساخت ـ این کتاب به قول خود او حاوی خلاصهٔ نظریاتش بود .کتاب شور فراوانی برانگیخت .چاپ اول آن که ۱۲۵۰ نسخه بود ،در روز اول انتشار خریداری شد .نظر دانشمندان در آغاز دربارهٔ کتاب متفاوت بود . عده ای هم ،به غلط ،آن را مخالف اعتقادات دینی می پنداشتند .کتاب داروین در زمینه هایی چون فلسفه ، تاریخ ، انسان شناسی ، سیاست و جامعه شناسی ، پرسشهای مهم به وجود آورد . بحث و مجادله گسترده و شدید بود .

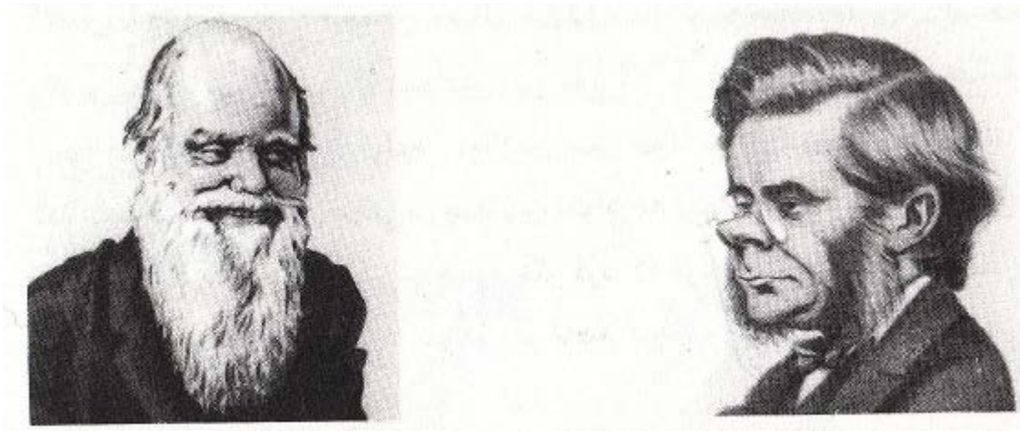
کتاب به دقت و به صورتی متقاعد کننده نگاشته شده بود . چهار فصل اول کتاب به بررسی نتایج انتخاب حیوانات اهلی برای دو رگ گیری پرداخته وسپس نظریهٔ انتخاب طبیعی را پیش کشیده است . فصل پنجم در بارهٔ مکانیسم بروز تفاوتها و وراثت آنهاست .این تنها بخشی از کتاب است که از اعتبار افتاده است . فصلهای ششم تا نهم به بحث دربارهٔ انتقادهای احتمالی دربارهٔ نظریهٔ تکامل پرداخته است . در بقیهٔ فصلها مدارک احتمالی وقوع تکامل عرضه شده است . سمت چپ صفحهٔ عنوان نخستین چاپ کتاب است .


THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

By CHARLES DARWIN, M.A.,

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.



چارلز داروین (چپ) و تامس هاکسلی (راست) که از اصول نظریات او دفاع می‌کرد، از دید کارتونیستی در ۱۸۷۱.

هر چه دربارهٔ اهمیت کتاب داروین ، اصل انواع گفته شود مبالغه نیست .آن را مهمترین کتاب قرن نوزدهم دانسته اند . اصل انواع بیش از هرکتاب دیگری‌که پیش از آن‌یا تاکنون‌انتشاریافته ،تئوری‌تکامل ــ یا چنانکه داروین خود می گوید " اشتقاق همراه تغییر " را به کرسی نشانده است . داروین در این‌کتاب‌همان دگرگونی عمیق را در بررسی‌جهان آلی به وجود آورد که نظریهٔ جاذبهٔ نیوتن در جهان غیر زنده تولید کرد . تکامل ،اصل وحدت بخش نیرومندی در اختیار زیست شناسی قرار داد که به بسیاری از یافته های ضد و نقیض سر در گم زیست شناسی ، مفهوم و بینشی جدید بخشید و نیز به پژوهش در همهٔ زمینه های دیگر جان تازه ای داد .

اثر کتاب محدود به زیست شناسی نبود . اگر حیات تاریخی دارد ، آدمی ، زبان ، فرهنگ نیز تاریخی دارند . آیا اینها نیز تکامل یافته اند ؟ اگر جهان آلی تکامل‌یافته است ،آیا جهان‌غیر آلی ،زمین ،منظومهٔ شمسی ، گیتی ، ماده ، و حتی خود انرژی ، نیز تغییر یافته است ؟

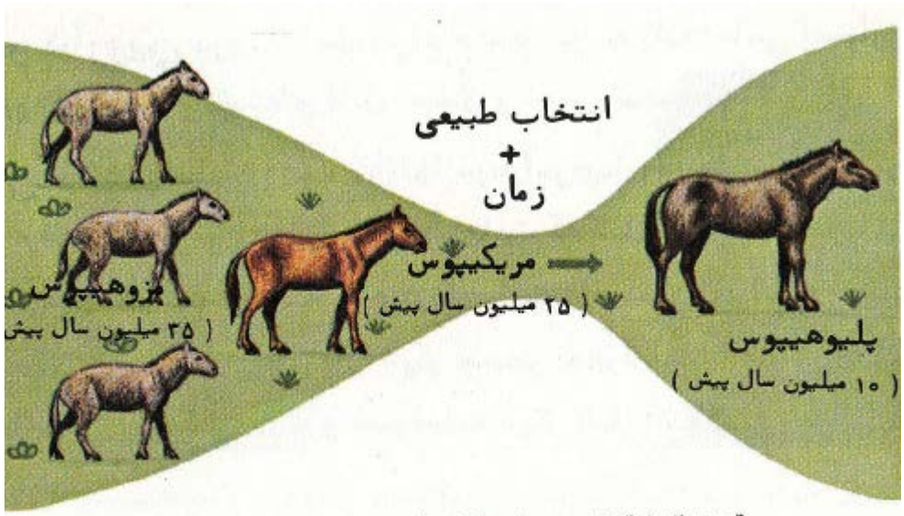
تکامل ، مرزی شد که اندیشه های کهن و نوین آدمی را ازیکدیگرجدا می کرد . پس از آن نظر آدمی دربارهٔ حیات و خود ، دیگر هیچگاه چون گذشته نخواهد بود .

نظر داروین دربارهٔ اصل انواع جدید، بر سه پایهٔ اساسی استوار بود ــ دو تا از آنها واقعیتهای قابل تحقیق و سومی نتیجــه بود .

اول ، داروین به وجود تفاوتها درسراسرجهان جانداران تاءکید کرد . دو فرد را دریک نوع جاندار نمی‌توان یافت که کاملا " نظیر یکدیگرباشند . هر فرد از نظرجثه ، تناسب اندام ، رنگ ، استعداد ذهنی ، مزاج ، فرایندهای فیزیولوژیک و بسیاری چیزهای دیگر منحصر به فرد است . از این گذشتــه بسیاری از این خصوصیات و خصوصیات دیگر قابل انتقال از والدین به ــ اولادند .

دوم ، داروین ثابت کرد که هر نوع جاندار بیش از اندازه تولیدمثل می‌کند . نوزادانی که به وجود می آیند بیش از عده ای هستند که امکــان بقا برایشان هست زیرا عدهٔ افراد یک جمعیت عموما " کم تغییر می کند . تولید بیش از اندازه در همهٔ ترازهای سلسله های حیوانات و گیاهان دیده می شود . به قول داروین " حتی آدمی که کم زاد و ولد است در مدت ۲۵ سال عده اش دو برابر شده است و با این نرخ تولید درمدتی کمتر از هزار سال ، واقعا "جا برای ایستادن اعقابش در روی زمین وجود نخواهد داشت . " بنا بر این نرخ مرگ و میر باید قاعدتا " خیلی زیاد باشد و این چیزی است

انبوه ملخ گویای وفور موجودات زنده است .



"دستورالعمل" داروین دربارهٔ تکامل عبارت بود از اثر متقابل تفاوتهای حاصل، افزایش بیش‌از حدجمعیت‌وانتخاب طبیعی بر یکدیگر، در بالاتکامل اسبان نشان داده شده است (صفحهٔ۵۲).

که ثابت‌شده است. چنانکه دربسیاری‌از انواع پرندگان و حشرات۹۸ درصد افراد پیش از رسیدن به سن کمال می میرند.

سوم، داروین استدلال کرد که بسیاری از خصوصیات گیاهان وحیوانات سازگاریهایی هستند به محیط زندگی آنها. رنگ بسیاری از حیوانات که آنها را درمحیطشان از نظر مخفی می کنند آشکارا برای سازگاری با محیط است. دندانهای حیوانات آشکارا با نوع غذاهایی که می خورند سازگاری دارند، منقارهای پرندگان نیز چنین اند. نظر داروین این بودکه این خصوصیات، در نتیجهٔ انتخاب طبیعی تفاوتهای مطلوب درجانداران اجدادی به وجود آمده است. اینها که به محیط خود سازگارتربودندعمری درازتر داشتند و بیش از آنها که فاقد چنین خصوصیتی بودند، اولاد آوردند. نوزادان، خصوصیات‌مساعد والدین‌خود را به ارث می‌برند. انواع جدید به این طریق به وجود آمده اند.

مجادلهٔ سختی که پس از انتشارکتاب‌داروین به وجود آمد، تدریجا" به پذیرش نظریه هایش انجامید. داروین دربارهٔ مکانیسم بروز تفاوتها و وراثت‌صفات‌دچاراشتباه بود ولی‌تئوری‌کلی او در برابرمحک زمان پایداری کرد.

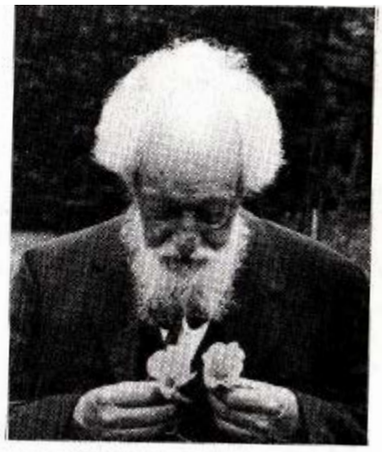
قوانین وراثت که از نظر داروین و والاس دور مانده بودند ، به وسیلهٔ گرگورمندل (۱۸۲۲ تا ۱۸۸۴) ، کشیش اطریشی ، کشف شدند . مندل را بنیانگذار ژنتیک‌جدید به حساب می آورند . نتایج پژوهشهایش به سال ۱۸۶۶ چاپ‌شدند ولی‌تا سال ۱۹۰۰ که بار دیگربه وسیلهٔ سه زیست ــ شناس کشف شدند ، ناشناخته باقی ماندند .

مندل بر آن شد که وراثت یک یا دو صفت نمایان‌نخود ، مثل اندازه و شکل دانه و رنگ گل ، و مانند آنها ، را بررسی کند . وی به گرده افشانی غیر مستقیم یک قسم با قسم دیگر پرداخت و نتایج حاصل را طی‌چند فصل مساعد سال ثبت کرد (صفحهٔ ۶۳) .

مندل بالقاح ازطریق‌گرده‌افشانی‌دو قسم‌نخود " گرد صاف " و " چین ــ خورده " نخودهایی به عمل آورد . وی کشف کرد که ، بر خلاف آنچه گمان‌می‌شد ، نخودها ، صفات‌آمیختهٔ والدین‌را ندارند بلکه‌همهٔ‌نخودهای جدید " گرد صاف " می شوند . وی این‌دانه‌ها را کاشت‌و به گرده‌افشانی مجدد آنها پرداخت و به این‌نتیجه رسید که سه چهارم‌نخودهای نسل جدید گرد صاف شدند و یک چهارم آنها چین خورده .

مندل‌صفتی‌را که‌درنسلی‌مخفی می شود ولی در نسل بعد ظاهرمی‌ــ گردد (مثل چین‌خورده بودن)صفت "پسرفته " نامید و صفتی را که مانع بروز صفت پسرفته می شود ، صفت " غالب " خواند (مثل گردی و ــ صافی) .

مندل‌نتیجه گرفت‌که این‌ظهور همراه با تاخیرصفت‌پسرفته گویای‌آن است که هر صفتی یک عامل‌مستقل برای ظهور دارد (امروز آن را ژن می نامیم) و عاملها در والدین



هوگو دووریس، کاشف" جهش " و پامچالی که در بر رسیهایش به کار گرفت .

جفت‌اند و حال آنکه درسلول‌زاینده فرد اند .

منـدل سه کشف‌بزرگ انجـام داد : (۱) صفات‌به‌وسیلهٔ "عاملهای" منفرد که جفت جفت اندتعیین‌می‌ـ شوند . (۲) این عاملهـا غالب یا پسرفته اند . (۳) عاملهـا بدون آمیختن با هم ترکیب می شوند و ـ نسبت‌صفات نسل بعد را تعیین‌می‌ـ کنند .

جهش ـ مندل نشان داد که وراثت " ذره ای " و قابل‌پیشگویی‌است . اما اگر این درست باشد ، پس جـانداران دارای خصوصیات جدید چگونه به وجود می آیند ؟ بخشی از پاسخ این پرسش از انتخـاب طبیعی و بخش دیگر از بررسیهای گیاه شناس هلندی به دست آمده است .

هوگودووریس (۱۸۴۸ تا ۱۹۳۵) استادگیاهشناسی‌دانشگاه آمستردام بود . وی مکانیسم وراثت صفات را در پامچال بررسی کرد .و دربارهٔ ایـن اعتقاد جاری‌عصر خود که صفات والدین همیشه در اولاد آمیخته می شوند و تفاوتهای حاصل همواره کوچک اند ، روز به روز بیشتر شک کرد . وی‌بیش از ۵۰،۰۰۰ گیاه ، و صدها هزار گل آنها را بر رسی کرد و با مـواردنادری رو به رو شد که " غیر عادی " بودند . این نمونه ها جثه ای بسیار بزرگتر یا کوچکتر ازمعمول‌داشتند یا عدهٔ‌گلبرگهایشان دو برابر عدهٔ معمول‌بود . وقتی که آنها را با هم ترکیب می کرد ، اولاد همانند خود به وجود می ـ آوردند . دووریس این گونه گلها را جهش یافته‌نامید و جهش راعامل‌تولید

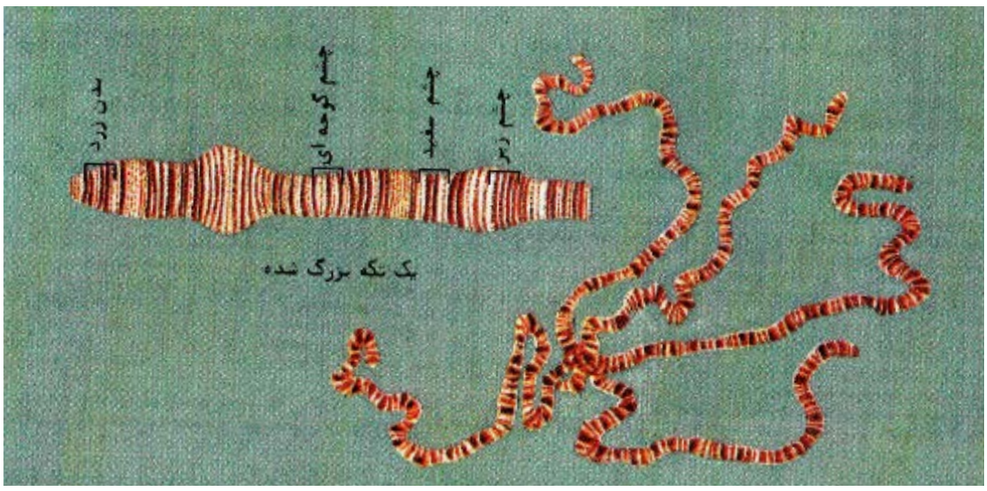
صفات‌نو دانست. وقتی دووریس مطالبی را که دیگران دربارهٔ وراثت‌نگاشته بودند مطالعه کرد، به کشفیات‌مندل برخورد. این جهش ها درواقع صفات واقعا" جدیدی بودند که باعث تکامل از طریق انتخاب طبیعی می‌شوند.

ترکیب جدید تئوری تکاملی، در نخستین‌سالهای قرن‌بیستم و با شناخت کروموزومها ــ رشته های کوچک درون هستهٔ سلول ــ به عنوان دربردارندگان صفات ارثی ظاهر شد. این کشف که به هم پیوستگی صفات را ــ که مندل از آن آگاه نبود ــ نیز روشن ساخت به سال ۱۹۰۲ به‌وسیلهٔ والتر ــ اس. ساتن و تی. باوری به عمل آمد. تی. اچ. مورگان (۱۸۸۶ــ ۱۹۴۵) در حالی که وراثت مگس میوه، دروزوفیلا، را بررسی می‌کرد نشان داد که تعیین کنندگان صفات ارثی (ژنها) به ترتیبی معین به دنبال‌هم روی کروموزومها قرار دارند و جای آنها را می توان تعیین کرد.

بسیاری از پژوهندگان پذیرفتند که پایهٔ اساسی تکامل، جهشهای ناگهانی‌بزرگ اند نه، چنانکه داروین می‌پنداشت، تفاوتهای کوچک. ایراد دیگران این بود که چرا این همه صفات سازگار شونده وجود دارد و حال آنکه بسیاری از جهشها مرگ آورند نه سودمند. هنگامی که به سال ۱۹۲۷ کشف شد که اشعهٔ X، تغییر دما، اشعهٔ گاما، و مواد شیمیایی گوناگون جهش زا هستند، معلوم شد که بسیاری از جهشها اثرات ناچیز دارند وبنا براین احتمال بقای آنها بیشتر است.

تی. اچ. مورگان
دانشمندپیشاهنگ علم وراثت.

والتر اس. ساتن
دانشمند علم وراثت که نقش کروموزومها را شناخت.

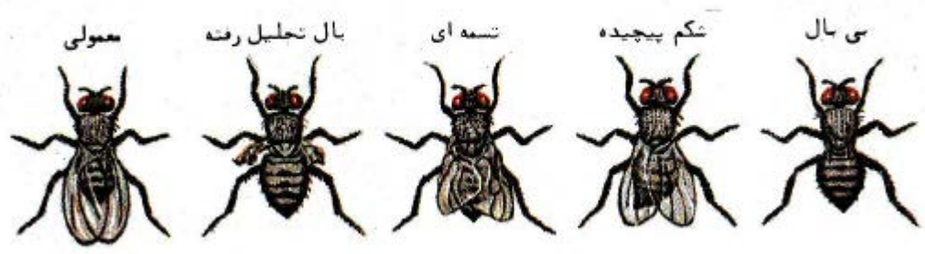


کروموزومهای مگس میوه، دروزوفیلا، که از اندازهٔ معمولی اش بزرگترنشان داده شده است" نقشه"، جایگاه ژنها را در طول بخشی ازکروموزوم نشان می‌دهد.

نظریهٔ ساده مندل دربارهٔ ذره ای و مستقل بودن صفات ارثی ،راه را برای قبول این واقعیت‌گشود که هر فرد را می توان با مجتمعی از ژنها نشان‌داد که در آن ژنها به هم وابسته اند و برهم اثر متقابل دارند.

تئوری امروزی تکامل که ترکیبی است از یافته های مختلف، برپایهٔ تحلیل دقیق آماری، بررسی فسیلها، بررسیهای آزمایشی، و مشاهدهٔ جمعیتهای‌طبیعی استوار است .این تئوری تفاوتهای فردی را ،که از جهشها و جمع شدن آنها با یکدیگر به وجود می آیند به عنوان پایهٔ تکامل می ـ پذیرد و انتخاب‌طبیعی را در پالایش و حفظ و تشدید یا حذف‌آنها موٴثر می پندارد.

تفاوتهای ارثی دروزوفیلا ،به وسیلهٔ تفاوتهای چشمگیرشکل آنها معلوم‌می‌شود. مگس سمت چپ نوع وحشی معمولی است.



اشـــارات تکامـل

نحوهٔ اثبات هرگزارهٔ خاص، به ماهیت آن گزاره بستگی دارد. مثلا "برای اثبات اینکه ۴ = ۲ + ۲ باید از استدلال و منطق ریاضی کمک‌گرفت. اثبات اینکه قهرمانی می‌تواند ۳ کیلومتر را در ۸ دقیقه‌بدود نیازبه آزمایش دارد. و آن بدین طریق صورت می گیرد که دویدن شخص را در مسافت معینـی و در شرایط مخصوصی با ساعتی دقیق اندازه می گیرند.

اما هیچ آزمایشی نمی‌تواند ثابت‌کند که همان‌قهرمان در روز اول‌تیر ماه سال‌پیش ۳ کیلومتر را در ۸ دقیقه دویده است. برای‌اثبات‌آن‌فقط باید به دفترچهٔ یادداشت و به شهود مراجعه‌کرد. هیچ‌آزمایشی‌نمی‌تواند دلیلی برای‌رویدادهای‌گذشته‌باشد. اگرچه مشاهده و آزمایش واقعیتها‌وفرایندهای کنونی احتمال وقوع رویدادی را درگذشته تأیید کنند، معهذا به مدارک دیگر نیز نیاز هست. برای اثبات امور غالبا" به تجربهٔ روزمره استنـاد می شود تا عملی ترین توضیح به دست آید. مثلا" نمی توانید ثابت‌کنید که همهٔ گنجشکهای زندهٔ امروزی از گنجشکهایی که ۳۰۰ سال پیش می ـ زیسته‌اند نتیجه شده‌اند ولی‌مجموع شواهدی که از تجربه به دست‌می‌آیند این تعبیر را تأیید می کنند.

ویلیام جی. بریان‌گفته‌است‌که "من‌هنگامی تکامل را باورخواهم‌کردکه در باغچهٔ خانه‌ام نشسته باشم و ببینم که پیازی به سوسن تبدیل شود". شک نیست که اگر فقط به این گونه تجربهٔ فوری اعتماد کنیم نمی‌توانیـم وقوع تکامل را اثبات کنیم. حتی تبدیل دانهٔ پیاز به بوتهٔ کامل پیاز هم نمی‌تواند به فوریت صورت گیرد. این نیز رویدادی است کند که به ندرت دیده شدنی‌است. ولی می‌توانیم تغییرات جمعیت را ببینیم و مکانیسم‌این تغییرات را مشاهده کنیم. وقوع تکامل را از آنجا می توان اثبات کرد که‌با موقعیت یکتایش می تواند به صورتی قانع کننده منشأ گوناگونی جانداران را توضیح دهد.

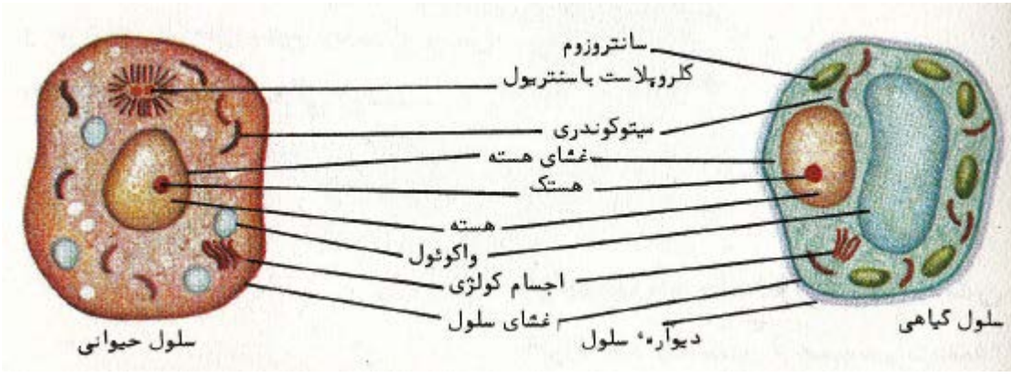
پیوستگی جانداران به وسیلهٔ تولید مثل تاءمین می شود . افرادزندگی می‌کنند ، پیر می شوند و می میرند ولی نوع آنها به وسیلهٔ اولادشان‌باقی می ماند . مدرکی در دست نداریم که نشان دهد جانداران از راهی غیراز والدین‌همنوع خود به وجود می آیند . مثلا " اثبات اینکه همهٔ اسبان‌زندهٔ امروزی از اسبهایی به وجود آمده اند که ۱۰۰۰ سال پیش می‌زیستـــه اند دشوار است ولی تجربه به ما نشان می دهد که از آنها نتیجه شده اند .

اما اگر اسب فقط اسب تولید کند و شتر فقط شتر بزاید ، پس انواع جدیدحیوانات‌چگونه به‌وجود می‌آیند . پاسخ این‌پرسش را در دو خصوصیت از خصوصیتهای پیوستگی می توان یافت . اول آنکه پیوستگی میان‌والدین‌و اولاد ، هم شامل شباهتهای بسیاراست و هم تفاوتها و تغییرات فردی . هر توضیحی را انتخاب کنیم باید این دو خصوصیت را توضیح دهد .

دوم آنکه تغییر مداوم هر حیوان در طول مدت عمر زیاد است . اگر چنین تغییراتی می توانند در یک نسل به وجود آیند ،به احتمال زیاد یک نوع هم می تواند به نوع دیگر تبدیل شود .

وحدت جهان جانداران از این واقعیت آشکار می شودکه نزدیک‌به ۱/۵ میلیون‌نوع گیاه و حیوان ،با وجود گوناگونی شکل و تنوع‌عادات ،همهٔ مسائل اساسی زندگی را به شیوه ای یکسان حل می کنند .همه از نظرترکیب شیمیائی ، ساخت سلولی ، فرایندهای حیاتی ، الگوهای اساسی تولید مثل ، قدرت‌سازگاری ،و رشد به یکدیگرشبیه اند ،و نیزدر ارتباط متقابل‌یا محدود موجود میان همهٔ موجودات زنده سهمی مشترک دارند . اگر هرنوعی‌کاملا" جدا از دیگر انواع آفریده شده باشد ،پس چرا همهٔ آنها خصوصیات‌اساسی مشترک دارند ؟

ساخت‌سلولی یکی ازخصوصیات‌مادهٔ زنده است‌وسلول‌ازپروتوپلاسم ساخته شده است . قطر بیشتر سلولها در حدود چند هزارم میلیمتراست ، ولی بعضی‌ازسلولها بزرگترند .زردهٔ‌تخم پرندگان‌یک سلول منفرد است . با وجود تفاوتهایی که بین‌سلولهای گیاهی‌وحیوانی وجود دارند ،ساخت آنها در اساس یکسان است . حتی ساده‌ترین سلول هزارها نوع‌مولکول متفاوت‌دارد که با هماهنگی کامل‌کار می کنند . ساخت یک سلول معمولی در زیر نشان داده شده است .



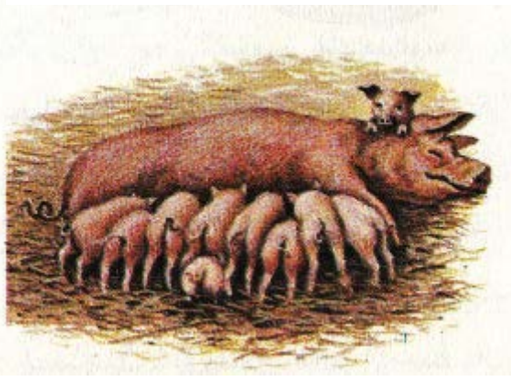
پروتوپلاسم مادهٔ سازندهٔ پیکرهمهٔ جانداران است . پروتوپلاسم مخلوط مشخصی‌است ازمولکولهای بزرگ‌مواد غیر زنده مانند هیدراتهای کربن ، چربیها ، پروتئین ها (از جمله

اکسیژن	%۷۶/۰
کربن	%۱۰/۵
هیدروژن	%۱۰/۰
نیتروژن	%۲/۵
فسفر	%۰/۳
پتاسیم	%۰/۳
گوگرد	%۰/۲
کلر	%۰/۱

پروتوپلاسم

آنزیمها) و اسیدهای نوکلئیک که به صورت مخلوطی کلوئیـــدی در آب سازمان‌یافته اند . خصوصیات منحصر به فرد این ماده شالـوده‌ٔ حیات را تشکیل می دهد .

متابولیسم که شامل تغذیه ، تنفس ، ترکیب کردن مـواد و دفـع است از از خصوصیات همهٔ موجودات‌زنـــده می باشد . مواد غذایی غیر زنده‌در بدن‌جاندار به بافتهای زنده تبدیل می‌شوند ، بعضی از آنها تجزیه می‌گردند و انرژی‌لازم برای‌فرایندهای اساســی حیات را فـراهم می‌کنند . متابولیسم شامل جریان دائم انرژی و مواد در داخل بدن جاندار وبین جاندار و محیط زندگی اوست .



تولیدمثلکه حاصلش به وجود آمدن افراد جدیداست . ازخصوصیات همهٔ موجودات‌زنده‌است . پیوستگی‌انواع ، که نتیجهٔ تولیـد مثل است ، تحت کنتـرل فعالیت مولکولهایی‌است که همانندسازی می‌کنند و ژن‌نام دارند (صفحهٔ ۶۰)

رشد نوزادان ازخصوصیات مشتـرک همهٔ موجودات زنده است .

سازگاری موجودات زنده عبارت‌است از تطـابق دائمی آنها با محیطی‌که دائما" در حال تغییر است . پاسـخ سازگار کنندهٔفردی شامل واکنش‌در برابر محـرکها ، تحریک پـذیری ، تغییرات فیزیولوژیک ،ترمیم آسیبها و حرکت است . جمعیتها با گـذشت زمـان سازگاریهای‌کلی ترنشان می‌دهند .

ماهیت‌حیات از روی‌یک‌سلسله‌خواص بنیادی‌شناخته‌شده‌است (صفحات ۳۱ و ۳۲) .

هیچ تعریف ساده ای برای " حیات " نمی توان کرد ، زیرا حیات از طرفی‌بسیار پیچیده است و از طرف دیگر منحصر به فرد است . ولی می‌توان آن را از روی‌بعضی ازخواص ساده‌ترش تعریف کرد . جانداران‌زنده مجموعهٔ

همهٔ موجودات زنده، با وجود گوناگونی، خصوصیات مشترکی دارند.

بهم پیوستهٔ منحصر به فرد و پیچیده ای از بعضی مواد غیر زنده اند که به صورت مولکولهای درشت ترتیب یافته اند و می توانند رشد و تولیدمثل کنند، سازگار شوند و غذا و انرژی خارجی گرد آوری کنند و به کار برند.

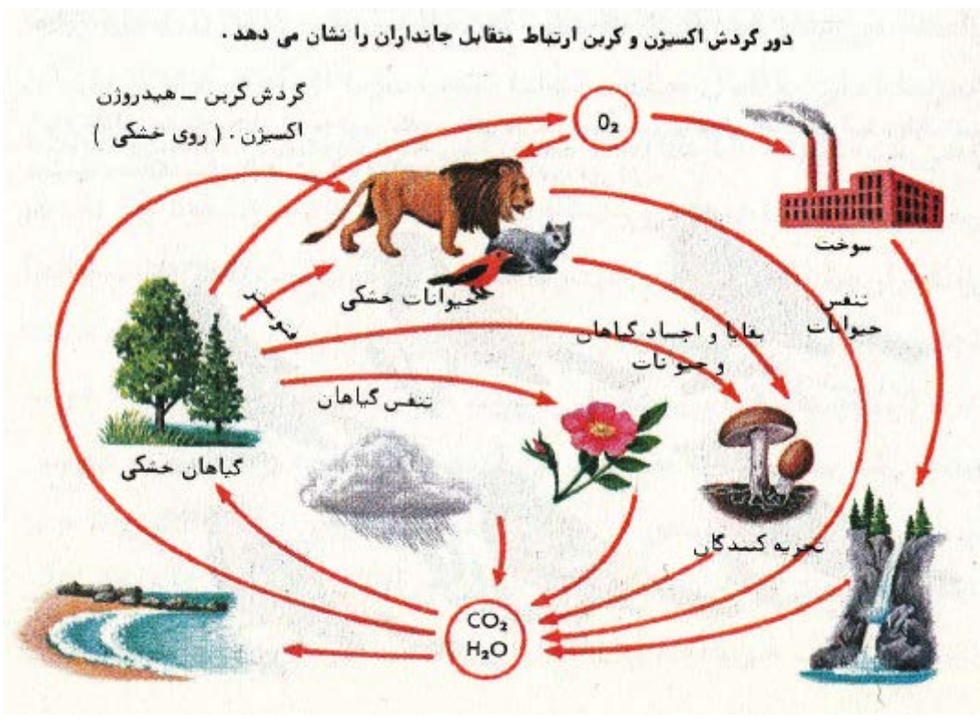
بعضی از این خواص جانداران، در مواد غیر زنده نیز دیده می شوند، ولی فقط جانداراننند که همهٔ آنها را با هم نشان می دهند.

تعریفهای دیگری نیز از حیات می توان کرد که همه به اندازهٔ تعریف بالا اعتبار دارند. تعریف ها و بررسیهای علمی بیشتر دربارهٔ این است که حیات چگونه به وجود آمد و چگونه حفظ شد. تعریفهای فلسفی و دینی بیشتر با " چرا " ارتباط دارند. دو نوع تعریف علمی و فلسفی ــ دینی مکمل یکدیگرند نه مخالف یکدیگر.

ارتباط متقابل یکی از خصوصیات همهٔ جانداران است. هر فردی جزئی است از یک جمعیت که افراد آن از نظر وراثت بسیار به هم شبیه اند و می‌توانند با یکدیگر جفتگیری کنند. هر جمعیت در اجتماعی مرکب از انواع

بسیار زندگی می‌کند. روابط انواع یک اجتماع به صورت صید و صیاد، میزبان و انگل، مصرف کننده و تولید کننده است و بر سر خوراک و جای زندگی با هم به رقابت می‌پردازند. ارتباط متقابل در گروههای بسیار متفاوت گیاهان و حیوانات وجود دارد، چنانکه درختان پناهگاه پرندگانند، حشرات گلها را بارور می‌سازند، علفخواران از علف تغذیه می‌کنند، ماهیها زندگی انگلها را تأمین می‌کنند و شقایق دریایی برای قسمی ماهی پناهگاه فراهم می‌سازد و بر این قیاس.

اجتماعات جانداران با محیط طبیعی خود اثر متقابل دارند و با هم اکوسیستم به‌وجود می‌آورند. تغییر مقدار باران، محدودهٔ دما، نوع خاک، ارتفاع مکان، عرض جغرافیایی، عمق دریا، رسوب رودخانه‌ها و دیگر عوامل طبیعی بر گسترش اجتماعات جانداران اثر می کنند. جانداران نیز بنوبهٔ خود محیط را تغییر می دهند، در جنگلها سایبانهای محلی به وجود می‌آورند، خاک را تغییر می دهند و حاصلخیز می سازند و مانع فرسایش آن می شوند، و به راههای دیگر نیز در محیط تغییر به‌وجود می‌آورند. از این تأثیر متقابل اطلاعات مهم به‌دست می‌آید.

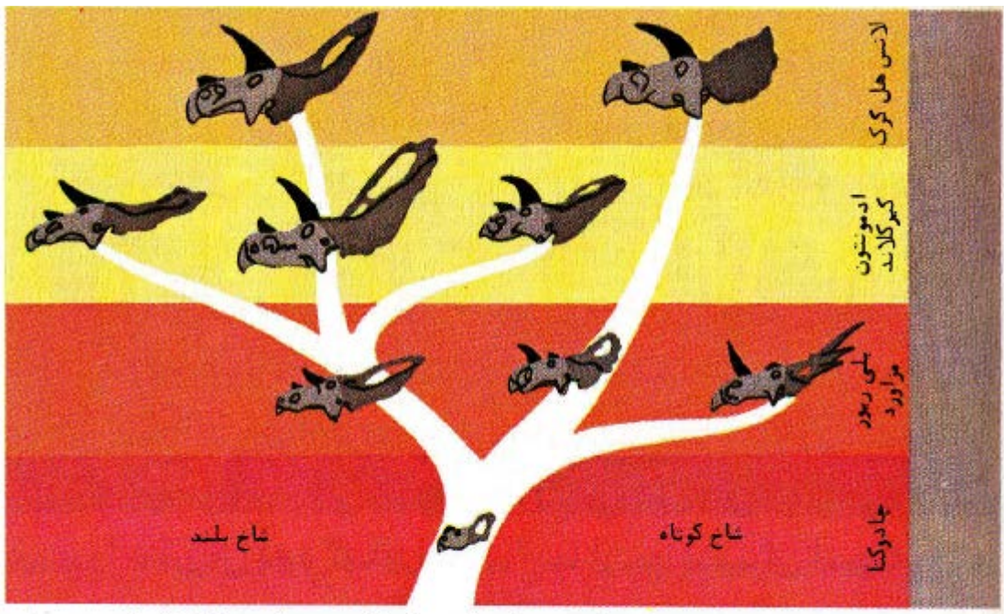


دلالتهای ضمنی شباهت

جانداران در همهٔ ترازها شباهت نشان می دهند . اولاد یک پدر و مادر هم به یکدیگر کمابیش شباهت دارند و هم به والدینشان . اگر چه هر فردجاندارمنحصربه فرد است ، ولی افرادیک‌نوع‌خصوصیات‌مشابه "آشکاری" دارند که در نتیجهٔ تولید مثل حفظ می شود و باقی می ماند . مثلا" شناختن‌یک‌شیر ــ یا حتی‌یک‌سگ با وجود تفاوتهای‌بسیاری‌که‌میان‌نژادهای حیوانات اهلی وجود دارد ــ کاری دشوار نیست .

انواع خویشاوند به درجات گوناگون شباهتهایی دارند و بر اساس آن به هم شبیه اند . مثلا "پلنگ ، یوز ــ شباهتها در تیره ها جای‌داده می‌ــ پلنگ ، گربه‌وحشی و گربهٔ‌اهلی‌بعضی شوند . تیره های مشابه در راسته ها خصوصیات‌مشترک‌دارندکه در رده ــ و راسته‌های‌مشابه‌در رده‌هاورده‌های بندی (تاکسونومی) حیوانات مورد مشابه درشاخه‌هاجای‌داده می‌شوند. توجه اند و بر آن اساس همهٔ آنهارا بنا براین هرگروه بزرگتر شامل‌انواع باهم در یک جنس ــ جنس فلیس ــ بیشتر است و این انواع‌خصوصیات جای داده‌اند . جنس های مختلف‌نیز مشترک کمتری دارند .

انواع گوناگون پری شاهرخهای زیر به جنس ایکتروس تعلق دارند . گرچه رنگ و پراکندگی جغرافیائی آنها متفاوت است ، خصوصیات مشترک بسیار دارند . این انواع با نوع ترقه در یک تیره قرار دارند .

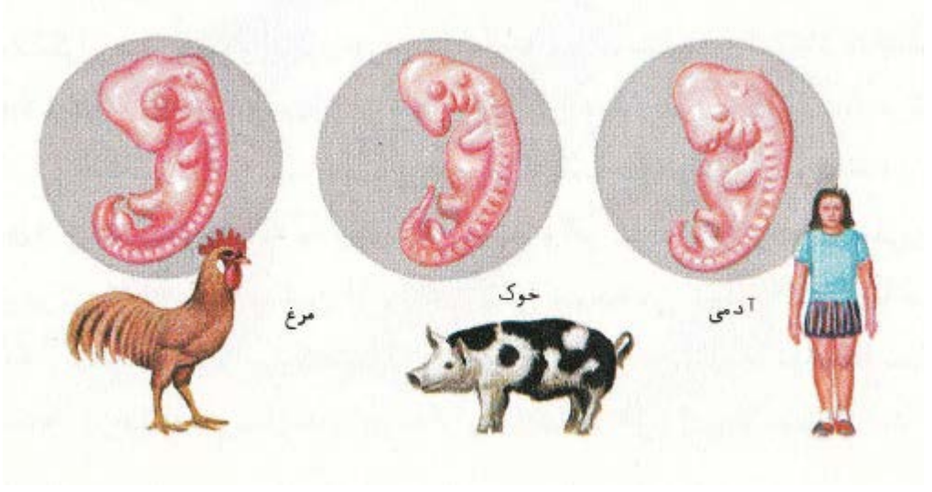


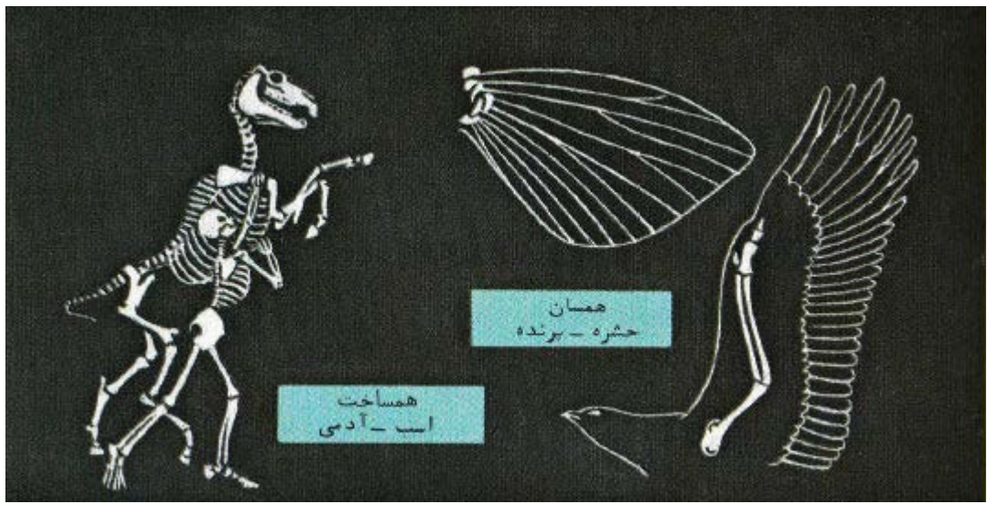
این دینوزورهای شاخدار نشان میدهند که چگونه از روی میزان شباهت جانداران ، خویشاوندی تکاملی آنها تعیین می شود . پیشرفت آنها در طول تاریخ زمین از پائین به بالا ترتیب داده شده است .

در ابتدا می پنداشتند که درجات گوناگون شباهت میان جانداران درشباهت با نمونهٔ اصلی یا کمال مطلوب نهفته است ، نمونه ای که هرگونه از روی آن طراحی شده است . اما مطالعات بعدی این خویشاوندی را که شکل خوشه دارد ، به صورت شاخه‌های درخت (مثل شکل بالا) مجسم نمود ، که به نظر پژوهشگران بیان کنندهٔ چیزی جز درجات گوناگون خویشاوندی نمی باشد. جالب اینجاست که رده بندی پیش از شناخت این خویشاوندی ترتیب داده شده بود . (صفحهٔ ۹) . به همان صورت که شاخه های یک درخت در نتیجهٔ رشد مداوم دانه به وجود می آیند و هر شاخه بر اثر تغییر تقریبا " غیر مرئی شاخه های پیشین از ساقهٔ اصلی نتیجه می شود ، الگوی شاخه شاخهٔ رده بندی نیز منشاء مشترک را به ذهن القاء می کند . شاخه‌ها نشان دهندهٔ درجات خویشاوندی جانداران با ساقهٔ مرکزی جد مشترک اند .

درجات شباهت جانداران به یکدیگربه صورتهای گوناگون دیده می‌شود. شکل و ساخت‌کلی (ریخت) همهٔ موجودات زنده به درجات‌گوناگونی به یکدیگر شباهت دارد . وقتی که از " گوزن " صحبت می کنیم ، به نوع مخصوصی حیوان می اندیشیم ، حال آنکه تیرهٔ گوزن ۲۰ جنس گوناگون و عدهٔ زیادی نوع دارد. اگر چه همهٔ آنها از نظر جثه، شاخ، رنگ و توزیع جغرافیایی متفاوتند ، ولی همهٔ اعضای تیرهٔ گوزن خصوصیات مشابه نیز دارند .اسکلت آنها ،استخوان به استخوان ، به یکدیگر شبیه است ،اعضای داخلی آنها به هم‌شباهت دارند و بسیاری خصوصیات رفتاری‌مشابه نشان می‌دهند .این شباهت کلی ، که وحدت اساسی شکل ولی گوناگونی الگوهای فردی را نشان می دهد گویای اشتقاق آنها از جد مشترکی است‌که دارای این خصوصیات مشترک بوده است .

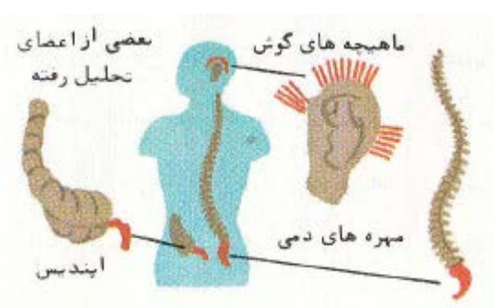
رشد جنینی بسیاری از انواع شباهت چشمگیری نشان می دهد ، حتی اگر در سن بلوغ شباهت مختصری به‌هم داشته باشند ، مثلا " آدمی و خوک‌و مرغ در جریان رشد ،شباهتی کلی‌به یکدیگر دارند . اگر هر نوع کاملا " متمایز از انواع دیگر باشد ، چنین شباهتی در زندگی جنین که دربلوغ از بین می‌رود بی معنی خواهدبود . اگر چه این شباهت جنین‌کمتراز آن است که جانورشناسان اواخر قرن نوزدهم ادعا داشتند ، معهذا نشان و اثری‌است ازخویشاوندی‌دور آنها .





اعضای همساخت بسیاری از جانداران گویای اشتقاق آنها از اجداد مشترک‌اند. مثلا" اسکلت گربه، اسب، وال، خفاش، موش و آدمی همه اساس ساختمانی مشابه دارند. ساخت مهره‌ها و استخوانهای به‌هم جوش خورده‌ٔ جمجمه، در همه‌ٔ مهره داران، از ماهی گرفته تا آدمی، همانند است. اعصاب، ماهیچه ها و رگهای خونی آنها نیز چنین‌اند. همساختی انواعی که خویشاوندی کمتر دارند، کمتر است و این می رساند که آن انواع جد مشترک دورتری داشته اند.

اعضای تحلیل رفته به اعضایی گفته می‌شود که در بدن وجود دارند ولی کنش اولیه آنها کم شده یا به کلی از میان رفته است. از این گونه اعضا در همه‌ٔ حیوانات دیده می شوند. مثلا" ماهیچه‌های گوش آدمی معمولا" کنشی ندارند و حال آنکه در حیوانات دیگر مثل سگ، گوش را حرکت می‌دهند و آن را متوجه جهت تولید صدا می‌کنند، اپندیس آدمی کنش شناخته شده ای ندارد و گاه ناراحتی به بار می‌آورد و حال آنکه در حیوانات دیگر رشدی بیشتر دارد و کنش هضمی مهمی بر عهده دارد. در وال ها و بعضی از مارها پاهای تحلیل رفته باقی مانده‌اند و نشان می‌دهند که از بقایای اعضای فعال اجدادی اند.

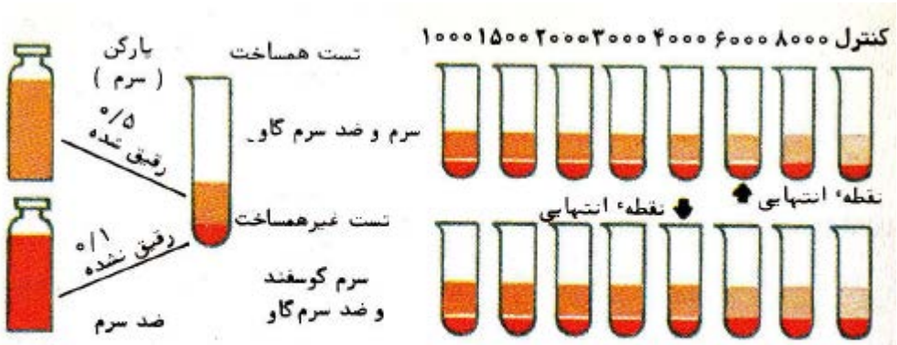


اعضای همسان از نظر کنش به هم شبیه‌اند نه ازنظرجزئیات ساختمانی. بال‌حشره و بال‌پرنده یک‌کنش دارند ولی ساخت آنها متفاوت است. این تفاوتها ازجد مشترکی به‌ارث‌نرسیده‌اند بلکه درنتیجهٔ سازگاری با شرایط مشابه حاصل‌شده‌اند. اگر هرنوع جدا ازدیگر انواع خلق شده باشد، اعضای همسان باید از اعضای همساخت بیشتر باشند، و حال آنکه عکس این وضع درست است.

شباهتهای زیست شیمیائی نیز درجانداران خویشاوند دیده می‌شوند. جالبترین سیمای شباهتهای زیست شیمیایی این است که گروه بندی گیاهان و حیوانات را بر اساس شکل کلی آنها مستقلا"، تائید می کنند. این می رساند که رده بندیی که به عمل آمده است (صفحات ۳۶ و ۳۷) کلا "مصنوعی نیست، بلکه گویای خویشاوندی میان اجداد و اسلاف (سلسلة‌النسب) جانداران است.

شباهتهای زیست شیمیایی کلی تر گویای خویشاوندی همهٔ جانداران است. مانند به کار گرفتن اسیدهای نوکلئیک به عنوان عوامل وراثت (صفحهٔ ۷۱)، به کار گرفتن فسفات مخصوصی، چون ATP، برای انتقال انرژی، و به کار گرفتن کلروفیل در گیاهان سبز، که رنگیزه ای سبز است، به عنوان کاتالیزور در فتوسنتز.

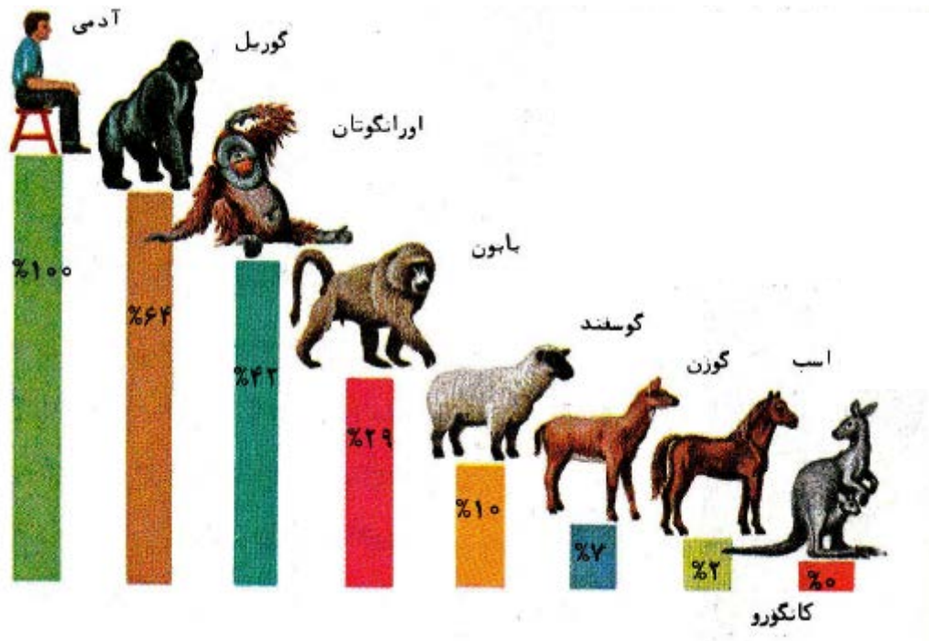
رنگیزه‌های خون درگروههای مختلف حیوانات متفاوتند. خون مهره داران و بعضی از حیوانات دیگر، رنگیزهٔ قرمزی دارد به نام هموگلوبین، که ضمن گردش خون از ششها یا آبششها در سرتاسر بدن، کنش تنفسی انجام می‌دهد. رنگیزهٔ تنفسی همهٔ بند‌پایان، مادهٔ مس دار آبی رنگی است به نام هموسیانین. مادهٔ سبز آهن‌داری به نام کلروکروئورین درکرمهای دریایی هست. شباهت این رنگیزه‌ها، خویشاوندیی را که با ملاکهای دیگر بین اعضای یک گروه شناخته شده است، تائید می کند. پروتئینهای این انواع نیز اگرچه متمایزند، مانند رنگیزه‌ها شباهتهایی بایکدیگر دارند.



یک آزمون سرم‌شناسی بدین‌صورت انجام می‌گیرد که سرم و ضد سرم را باهم مخلوط می‌کنند و رقیق ترین سرمی را که رسوبی به صورت حلقهٔ سفید می‌دهد می‌یابند.

شباهتهای سرم‌شناسی را از روی آزمونهای ناگیرایی اندازه گیری می کنند. اگر خون یک نوع حیوان، مثل گاو، را در جریان خون حیوان دیگری، مثل خوکچهٔ هندی، تزریق کنند، خوکچهٔ هندی رسوبی تولید می کند، ــ ضد سرم ــ که در برابر خون گاو به او ناگیرایی می بخشد. اگر این سرم ضد گاو را با خون دیگر حیوانات مخلوط کنند، رسوبهایی تولید می‌کند که مقدار آنها با درجهٔ خویشاوندی آن حیوانات در طرح رده‌بندی جور درمی‌آید. مثلا" سرم ضدگاو با خون گاو دیگر ۱۰۰ درصد رسوب‌می‌دهد، و با خون گوسفند ۴۸ درصد و با خون خوک ۲۴ درصد رسوب می دهد. این راه زیست‌شیمیایی تعیین جد مشترک، روشی از رده‌بندی‌است که رده‌بندی مستقل حاصل از بررسیهای تشریح مقایسه‌ای را تأییدکرده‌است.

آزمونهای سرم شناسی ده با سرم ضد آدمی به عمل آمده اند، رسوبهایی‌با درصدهای مختلف ته نشین ساخته اند. این، گویای درجهٔ شباهت‌موجود میان آدمی و دیگر انواع است.



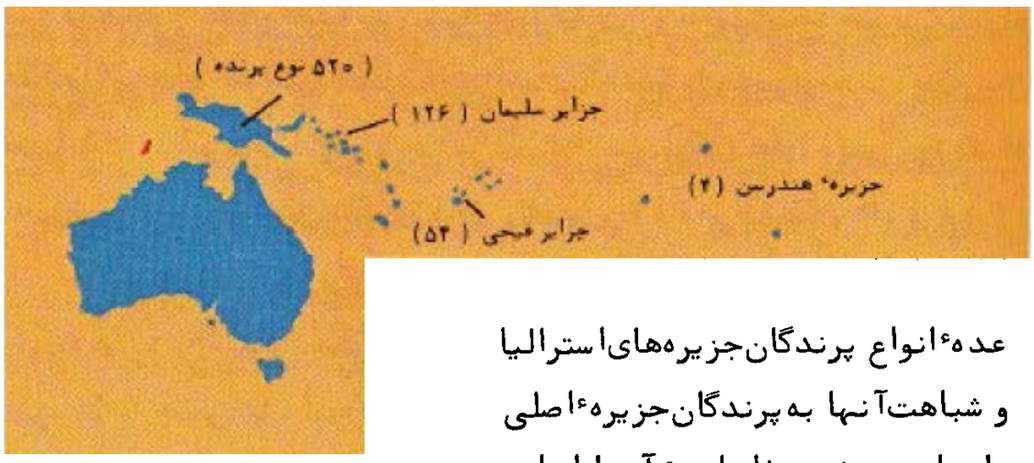
سازگاری جانداران به محیطهای مخصوص زندگیشان، چیزی است که در ـ همهٔ موجودات زنده دیده می‌شود. بعضی از این سازگاریها به قدری کلی‌اند که ممکن است بدانها توجه نشود مثل ساخت بسیار کارآمد و در عین حال متمایز بال حشرات، خفاشان و پرندگان (نیز بال پترو داکتسیلهای منقرض شده)، شکل و ساخت ماهی، ساقه های تخصص یافتهٔ کاکتوسها و دیگر سازگاریهای بی حسابی که می توان نام برد. سازگاریهای اختصاصیتر نیز وجود دارند. مثلا" ازمیان پرندگان می‌توان دارکوبها را نام برد که داروین برای نخستین بار سازگاریهای آنها را یاد کرد.

سازگاری چنان در گیاهان و حیوانات متداول است که ـ گر چه وقوع تکامل را اثبات نمی‌کند ـ نشان می‌دهد که انتخاب طبیعی به احتمال قوی عامل گوناگونی جهان آلی است.

شکل و رنگ حفاظی یا دفاعی از سازگاریهایی است که در بسیاری از حیوانات دیده می‌شود. شفیرهٔ بعضی از حشرات به خار یا شاخه می‌ماند. بعضی از انواع هم به رنگهائی درمی‌آیند که کمتر آسیب پذیرند. رنگ بعضی از حیوانات، مثل آفتاب پرست، با رنگ زمینهٔ محیط زندگی تغییر می‌کند. ارزش این رنگ در بقای حیوان از راه آزمایشهای گوناگون تائید شده است. دارکوب در هر پا دو انگشت بزرگ متوجه به عقب دارد که پایش را به گیره ای لنگر مانند تبدیل می کند. پرهای سفت دمش، برای موقعی که پرنده با منقار اسکنه مانندش به درخت می‌کوبد تکیه گاه خوبی است. حشرات را با زبان دراز خار دارش بیرون می‌کشد. همهٔ ۱۷۹ نوع دارکوب ساختی مشابه دارند.

آفتاب پرست

دارکوب



عدهٔ انواع پرندگان جزیره‌های استرالیا و شباهت آنها به پرندگان جزیرهٔ اصلی با زیادتر شدن فاصلهٔ آنها از این جزیره کمتر می شود . گینهٔ نو ۵۲۰ نوع پرنده دارد جزایر سلیمان ۱۲۶ نوع ، جزیرهٔ فیجی ۵۴ نوع و جزیرهٔ هندرسن ۴ نوع .

عدهٔ انواع پستانداران نیز کاهش مشابهی نشان می‌دهد . این پدیده معلوم می‌دارد که آن انواع از انواعی اشتقاق یافته اند که درجزیرهٔ اصلی استرالیا بوده اند . پراکندگی محدود بسیاری از انواع ، مثل تاپیرها را تنها براین اساس می‌توان تفسیرکرد که اجداد فسیل شدهٔ آنها در وسعت بیشتری پراکنده بوده اند و بعضی از آنها در ناحیه های بینابین باقی مانده اند .

پراکندگی جغرافیایی بسیاری ازگیاهان و حیوانات به صورتی است که فقط با این فرض که آنها اعقاب اجداد مشترک اند قابل توضیح است. مجموعهٔ حیوانات جزایر گالاپاگوس و جزایر دماغهٔ سبز برگـه های مهمی بودند که داروین را به پروراندن تئوری تکامل رهنمون شدند. (صفحات ۱۷ و ۱۸).

آلفرد راسل والاس خاطر نشان ساخته است که گروههای بزرگتر، مثل راسته ها ، پراکندگی جغرافیایی بیشتری دارند تا گروههای کوچکتر ، مثل تیره ها یا جنس ها. انواع شبیهتر در ناحیه های نزدیک هم زندگی می‌کنند و این خود گویای تکامل آنها از اجداد مشترک است.

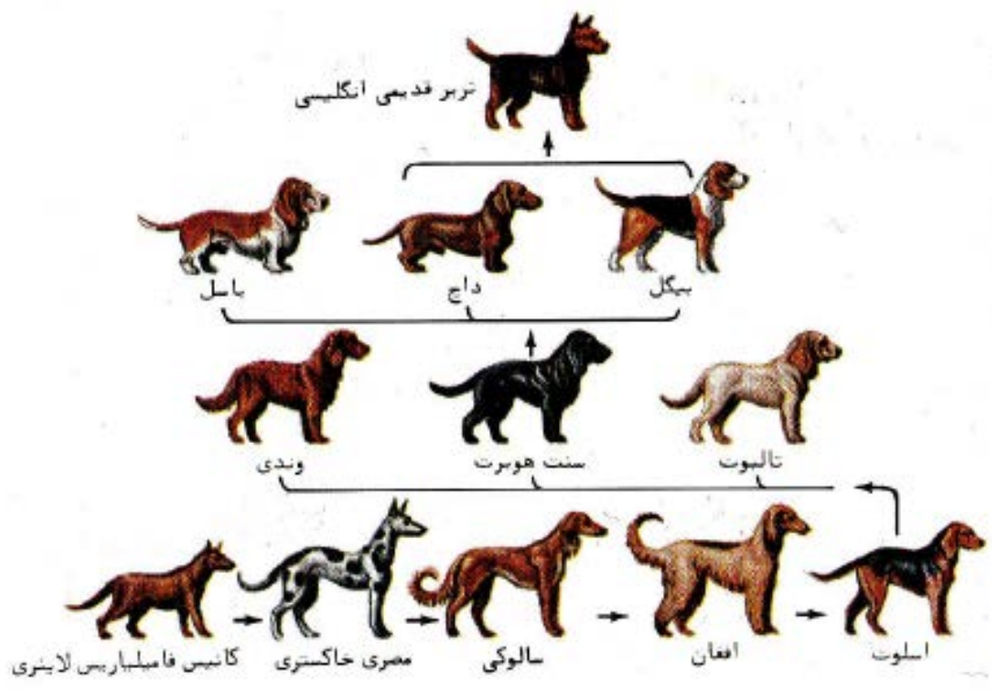
انواع زندهٔ گیاهان و حیوانات دارای این خصوصیت اند که شکل کلی آنها ثابت و تفاوتهای فردی آنها بسیار است. هر نوع، افرادی شبیـه به یکدیگربه وجود می آورد و از نظر تولیدمثل، جدا ازدیگرانواع است، اگرچه ظاهرا "شبیه آنها باشد. با وجود این دو فرد از یک نوع نمی توان یافت که عین یکدیگر باشند. چنانکه می دانیم خصوصیات ارثی همهٔ موجودات زنده را ژنها وکروموزومها کنترل می‌کنند، و ژنها وکروموزومها دستخوش جهشهای ناگهانی می‌شوند (صفحهٔ ۷۷) . ورود این خصوصیات جدید بدان معنی است که موجودیت نوع، بر خلاف آنچه زمانی تصور می شد، در طول زمان دراز ثابت باقی نمی ماند. ما، هم از طبیعت و هم از جانـداران اهلی ، مدارکی بر وجود تفاوتهای فردی یا گروهی در داخل یک نوع در دست داریم، این مدارک گویای استعداد تکاملی آنها هستند.

پدید آوردن اقسام گوناگون گیاهان وحیوانات اهلی، قابلیت عظیم تغییر انواع را نشان می دهد در تصویر صفحهٔ بعد سگهایی نشان داده شده اند که همه از یک نوع اند. این واقعیت داروین را به این فکر انداخت که در عمل انتخاب طبیعی می‌تواند مانند انتخاب مصنوعی، عامل تغییر باشد.

جمعیتها، در طبیعت بر حسب محل تفاوتهایی نشان می دهند. کوچکترین

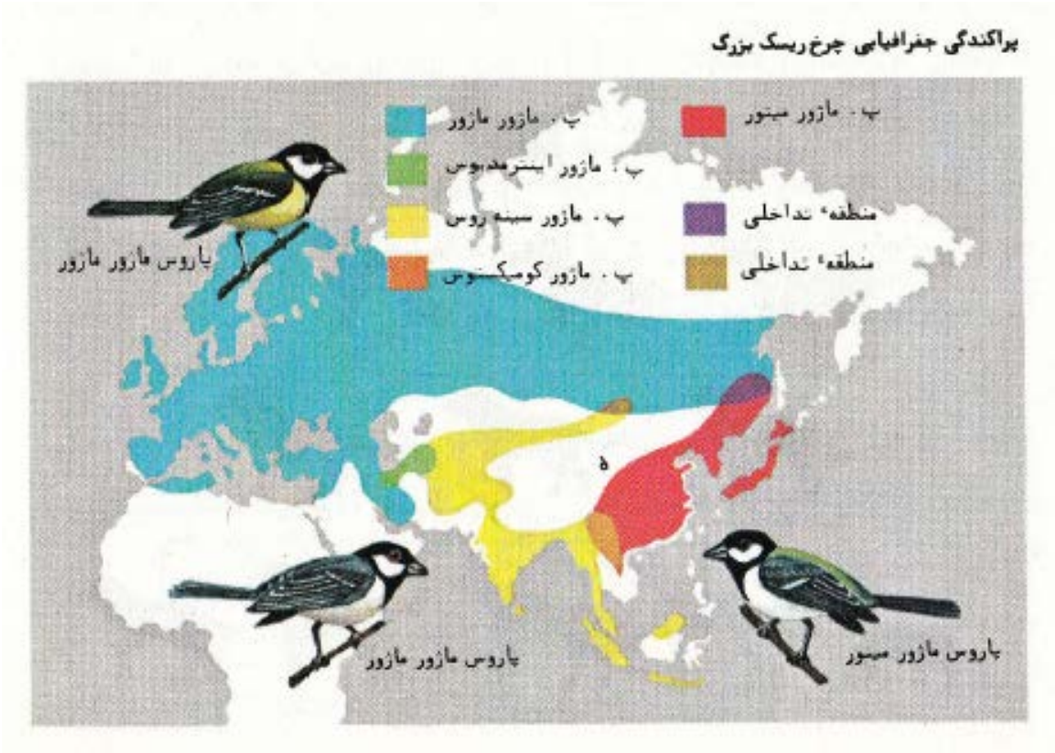
واحدهای جمعیت، که دمس (Demes)، نامیده می شوند، کاملا " از هم جدا نیستند و افراد آن شباهتهای وراثتی بسیار دارند. تفاوتهای موجود درهر دمس غالبا "تصادفی است، ولی گاه تصادفی نیست وتفاوتهای تدریجی نشان می دهند، این تفاوتها ممکن است با اوضاع مختلف اکولوژیک همبستگی داشته باشد. بدین صورت است که **نژادها** یا **زیرنوعهای** محلی به وجود می آیند که هریک به اوضاع ناحیهٔ مخصوصی سازگار است وتنها در مناطقی که محیطهای گوناگون در آنها با یکدیگر تلاقی می کنند این انواع در هم ادغام می شوند.

چرخ ریسک ، اروپا و آسیا چگونگی پیدایش نژادها و اصناف جغرافیایی را نشان می دهد. گسترش یافته‌ترین



نژاد " پاروس ماژور ماژور " است ،که از بریتانیای کبیر تا آسیای شرقی پراکنده است . " پاروس سینرئوس " و "پاروس مینور "پراکندگی محدودتر دارند .

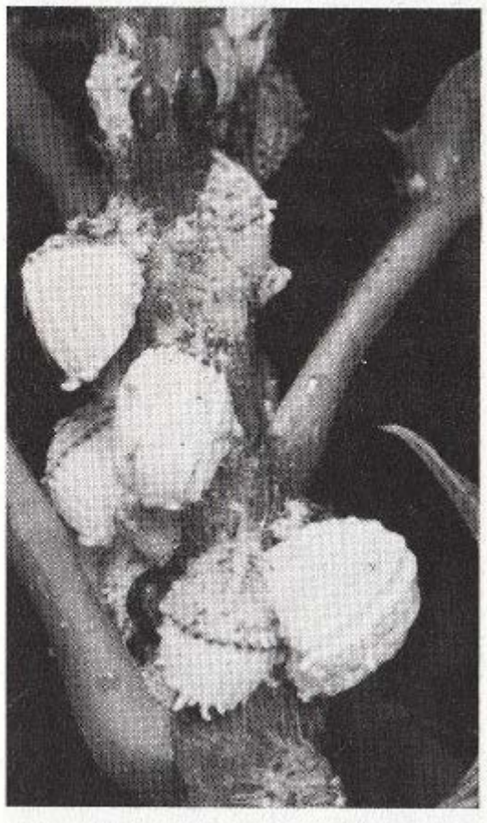
جفتگیری " پاروس ماژور "با " پاروس سینرئوس " آسیای مرکزی و هندوستان در ایران ،صنف چهارمی به نام " پاروس اینتر مدیوس" به ـ وجود آورده است . ازجفتگیری "پاروس سینرئوس"و "پاروس مینور" در هندوچین ، صنف پنجمی به نام "پاروس‌کومیکستوس"پیداشده‌است ، ولی " پاروس ماژور " و " پاروس ـ سینرئوس " در قسمت شمالی آسیای مرکزی با هم هستند بدون آنکه جفتگیری‌کنند ،وضع " پاروس مینور " و " پاروس ماژور " در شمال چین‌نیز همین طور است . جدایی تولید مثل در نژادهای جغرافیایی یکی از مکانیسمهای‌به‌وجودآمدن‌انواع‌جدید است (صفحهٔ ۸۰) .



تغییر انواع ، حتی در طول مدت محدودی که مشاهدات دقیق را ثبت کرده اند نیز دیده شده است . بعضی از بیماریهایی را که از باکتریها ناشی می شود با موفقیت درمان کرده اند ، ولی یکی از عوارض ثانوی درمان این بوده است که باکتریهای مقاوم به داروهای مختلف به وجود آمده اند .

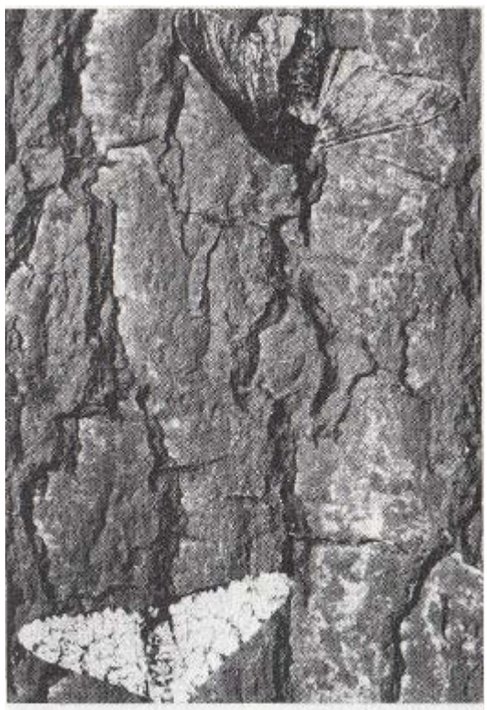
اشریشیاکولی باکتریی است که جمعیتهای مقاوم نسبت به استرپتومای سین به وجود آورده است . این‌گروههای‌مقاوم از جهش حاصل می شوند . و وقتی ظاهرشوند تنها گروهی‌هستند که می‌توانند باقی بمانند و تولید مثل‌کنند .

شتهٔ مخصوص مرکبات (آئونیدلا اورانتی ای)



اگرچه تکامل بیشتر نتیجهٔ احتمالی جمع شدن تدریجی تغییرات است ، اما درنتیجهٔ "سازگاری‌ازپیش" یعنی هنگامی که جهش با محیطی مساعد رو به رو شود ، یک جمعیت‌ممکن است به سرعت تغییر کند . در نتیجهٔ فرایندهایی از این قبیل است که بعضی‌از انواع‌حشرات‌آفت ، در برابر حشره‌کش های گوناگون‌ایمنی‌یافته ـ اند . مثلا" شتهٔ مخصوص ناحیه‌های مرکبات‌خیزکالیفرنیا ، نسبت به اسید سیانیدریک مقاومت روزافزون پیدا کرده است .

دودهٔ حاصل از کارخانه‌های‌صنعتی ، در طول قرن گذشته ، درانواع بیدها اثراتی‌به وجود آورده است . بسیاری از انواع‌بیدها ، در ناحیه‌های‌صنعتی تدریجا" تیره رنگ تر و حتی سیاه شده‌اند و حال آنکه افراد همین‌نوع در ناحیه‌های روستایی به همان‌رنگ روشن اولیه باقی مانده اند . این



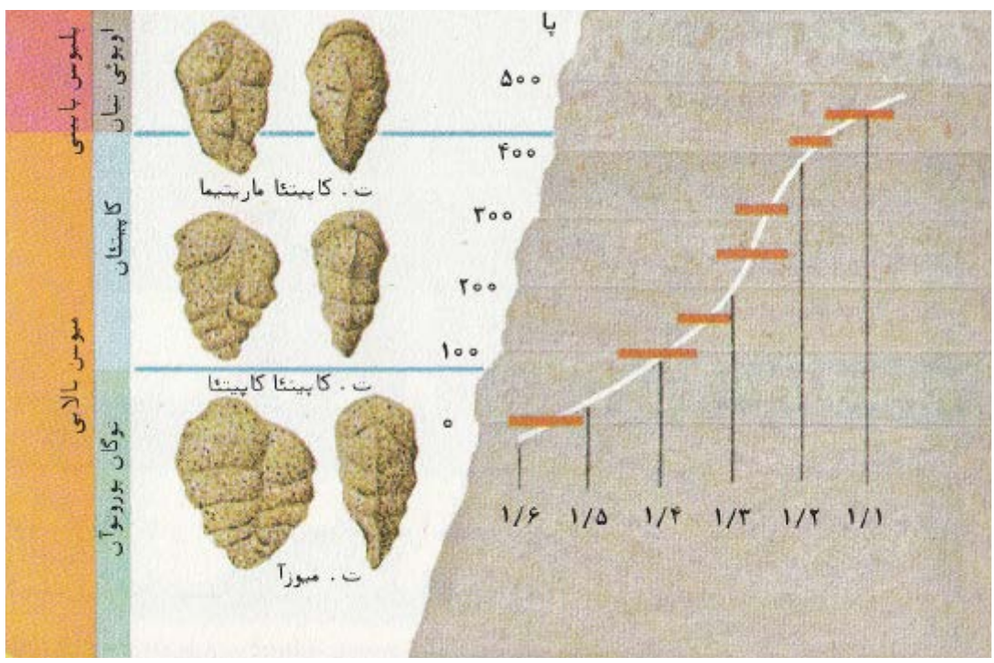
دو قسم بید خال دار ، " بیستون بتولاریا " ، تیره و روشن در دو زمینهٔ متفاوت نشان داده شده است .

پدیده روشن می سازد که بسیاری از انواع در مدت کوتاه قابلیت تغییر بسیار نشان می دهند . مکانیسم این تغییر درصفحه ۸۹ بحث شده است . در عکس زیر تنهٔ درخت پوشیده از گلسنگ ، بید دارای رنگ روشن را مخفی می سازد ولی بید ناحیه‌های صنعتی را که رنگ تیره دارد به خوبی آشکار می کند . اما تنهٔ درخت پوشیده از دودهٔ ناحیهٔ صنعتی (سمت راست) بید تیره رنگ را مخفی می سازد و بید دارای رنگ روشن را آشکار می‌کند .

انواع فسیل شده را به دشواری می‌توان از هم تمیز داد زیرا آزمون جدایی‌تولید مثل ،که وسیلهٔ تشخیص انواع زنده است ،نمی تواند در مورد آنها به کار رود .ولی در فسیلها به همان درجه تفاوت ساختمانی می‌بینیم که در انواع خویشاوند امروزی تفاوت وجود دارد .نیز می توانیم گروههای فسیلی را تشخیص بدهیم که دارند مستقلا "به وجود می‌آیند ،این‌گروهها ، بنا به تعریف ، نوع به حساب می آیند .

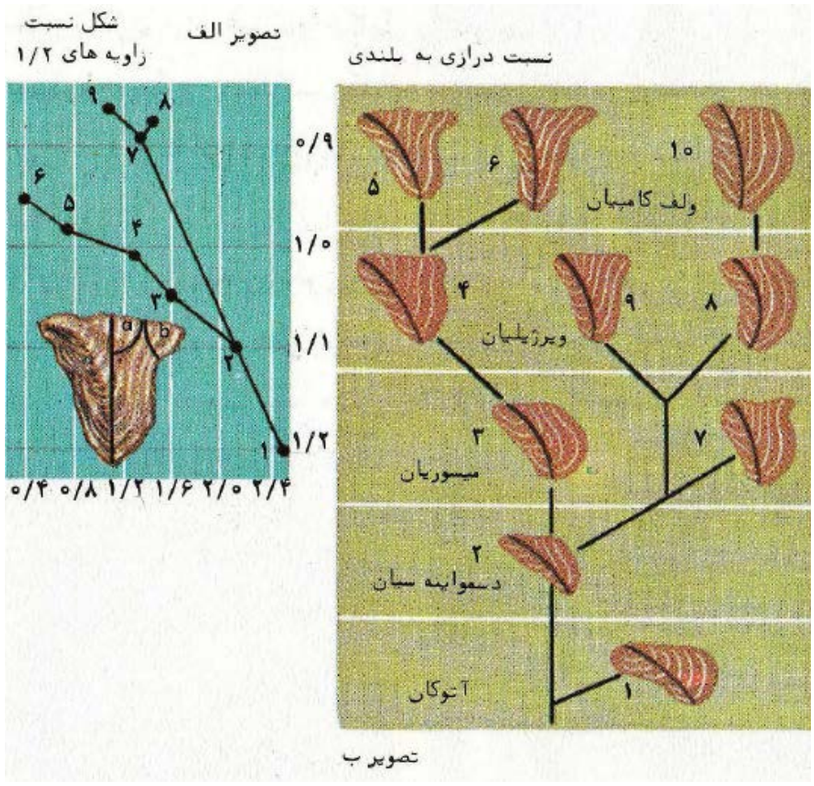
بررسی فسیلها به ما امکان می دهد که تغییرات مربوط به دوره های طولانیتر را مشاهده کنیم ، و حال آنکه در جمعیتهای زندهٔ کنونی چنین امری امکان ندارد . در فسیلها تکامل را در حین عمل می توانیم ببینیم . اگرچه فسیلها دربارهٔ جزئیات مکانیسم تغییر اطلاعات کمتری در دسترس ما قرار می‌دهند ،اما شواهد بسیار معتبری دال بر وقوع تکامل در اختیارما می گذارند .

روزن‌داران‌از آغازیان‌میکروسکوپی‌ـ روزن دار دریایی به نام **تکستولاریا** اند و بیشتر آنها پوستهٔ آهکی‌ترشح نشان‌داده شده است که در سنگهای می کنند . در این تصویر یک جنس دوران سوم(صفحهٔ ۱۰۴) زلاند نو



وجود دارد . هنگامی که آنها را در طول دوره ای که ۱۵۰ متر رسوب بر جای‌گذاشته‌بود بررسی‌کردند ،تغییر شکل آشکاری در هر جمعیت مشاهده شد . دو نوع از آن شناخته شدند . خطهای افقی انحراف استاندارد هر نوع را نشان می دهد . (از کنت)

دو کفه‌ایهایی (تصویر زیر) که در سنگهای دورهٔ پنسیلوانین و پرمین (صفحهٔ ۱۰۴) ناحیهٔ مرکزی ایالات متحده پیدا شده اند ، پیدایش تدریجی انواع مشابه را از جنس میالینا نشان می دهند . هر عدد روی نمودار یک نوع متمایز را نشان می‌دهد .



تصویر الف طرحی است از نسبت درازای صدفها به‌بلندی‌آنها درمقابل‌نسبت دو زاویهٔ ۱ و ۲ (به نمودار مراجعه کنید) .خط سمت راست تکامل‌خطی را نشان می‌دهد ، انواع جدید در نتیجهٔ تغییر تدریجی جمعیتهای پیشین‌به وجود آمده اند . خط سمت چپ‌پیدایش انواع را ازطریق‌انشعاب نشان می دهد،نه تغییر تدریجی . تصویرب اشتقاق‌تکاملی‌وخویشاوندی

(سلسلة النسب) انواع میالینارانشان می‌دهد. اعداد این تصویر نشان دهندهٔ همان انواع تصویر الف هستند.

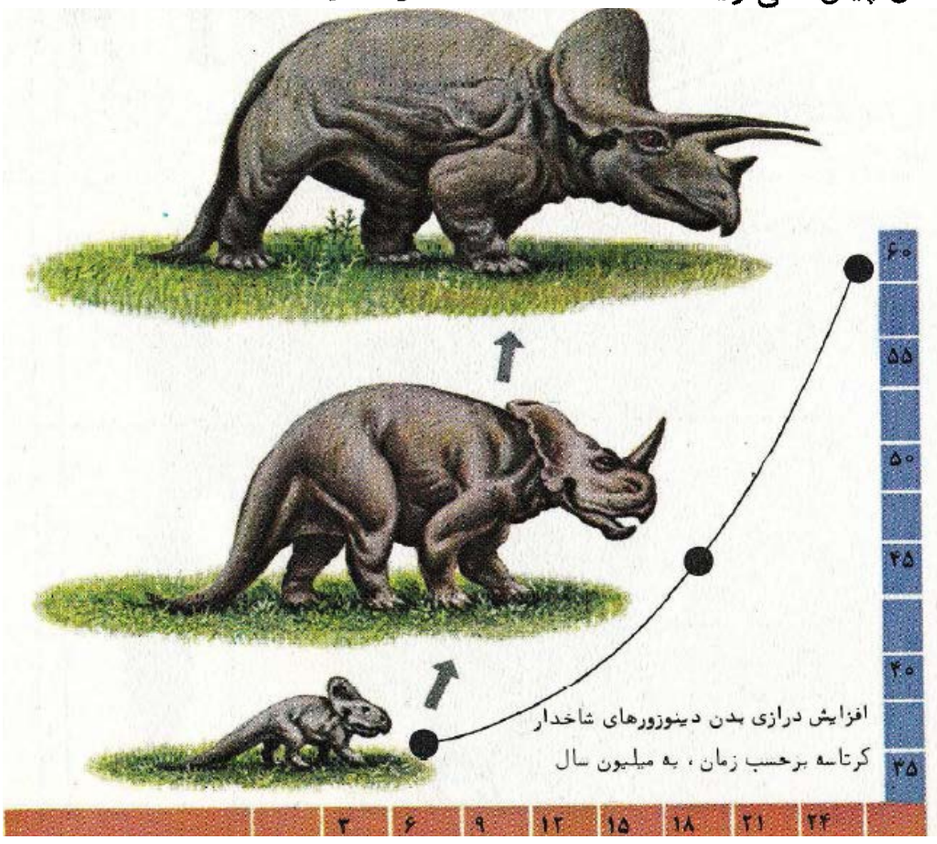
نامهایی که دیده می‌شوند، مربوط به دوره‌هایی است که سنگهای رسوبی حاوی آنها ته نشین شده‌اند. (از نیوول و مور)

گروههای بزرگتر از نوع (جنس، تیره، وغیره) در حیوانات وگیاهان نیز، چنانکه بررسی فسیلها نشان داده است، از طریق اشتقاق همراه تغییر تدریجی، از انواع اجدادی به وجود آمده اند. از بررسی فسیلها، مدارک مکرری به دست آمده است که نشان می دهند اشتقاق همراه تغییر تدریجی روش معمولی پیدایش گروههای جدید جانداران است.

دینوزورهای شاخدار (که با یک مقیاس رسم شده اند) در دورهٔ کرتاسه (صفحهٔ ۱۰۴) ، یعنی ۷۰ میلیون سال پیش، می زیسته اند.

جثه وابعاد نسبی و پیچیدگی زرهٔ استخوانی روی سر و گردنشان، بر روی هم افزایش یافته است.

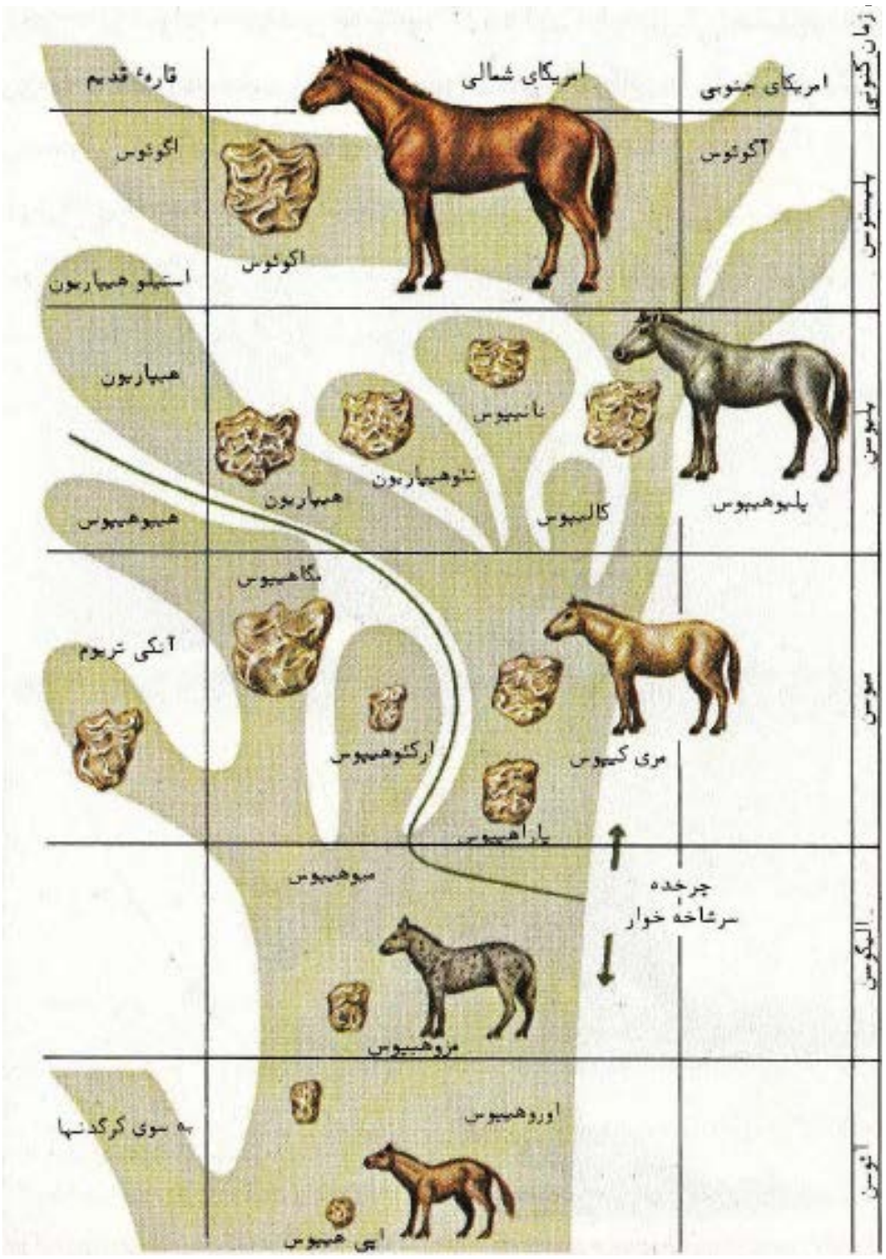
تری سراتوپس به درازی ۸ متر و



افزایش درازی بدن دینوزورهای شاخدار کرتاسه برحسب زمان، به میلیون سال

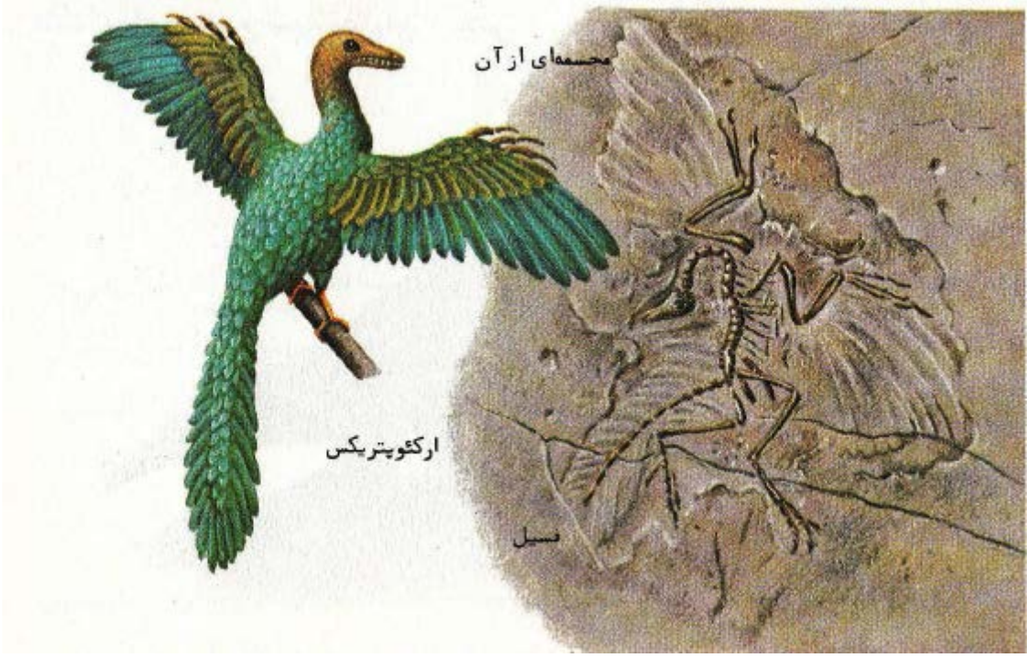
به وزن هشت تن رسید. در صفحهٔ قبل فقط سه دینوزور شاخدار رسم شده است. **اسبها** بهترین نمونهٔ تکامل جنسهای جدید را از جنسهای قدیمی، در طول ۷۰ میلیون سال نشان می‌دهند.

تغییرات بعدی در نوع تغذیه، از سرشاخه‌خواری به علفخواری، حاصل شده اند. سطح دندان آسیای بالایی طرف راست در تصویر نشان داده شده است.



حلقه های مفقوده، به عنوان مدارک اشتقاق یک گروه از گروه دیگر، درنخستین سالهای‌جدال بر سر تکامل، از طرف‌مخالفان این‌تئوری خواسته می شدند. در زمانی که کتاب اصل انواع به چاپ رسیده بود، از این گونه جانداران حد واسط نمونه های بسیار کمی شناخته شده بودند، ولی از آن زمان تاکنون بسیاری از آنها کشف شده اند. این جانداران حد واسط در واقع پلهایی هستند که گروههای بزرگ امروزی را به هم مربوط می سازند. مثلا "درمهره‌داران، انواع حد واسطی‌میان‌ماهیها ودوزیستیان، دوزیستیان و خزندگان، خزندگان و پرندگان، خزندگان و پستانداران پیدا شده‌اند. این جانداران حد واسط گویای آنند که این گروههای بزرگ، که درحال حاضر از هم جدا و متمایزند، از انواعی به وجود آمده اند که دارای خصوصیات حد واسط دو گروه بوده اند و نیز خصوصیات گروههای دیگر را هم داشته‌اند.

ارکئوپتریکس، یک فسیل پرندهٔ می‌زیسته و در آلمان‌پیدا شده‌است، اجدادی است که در دورهٔ ژوراسیک و دارای بسیاری ازخصوصیات



خزندگان، یعنی اجداد خود، بوده است. همچنین چون پرندگان پر، و منقاری‌با دندانهای‌شبیه خزندگان و بالهائی با چنگال داشته است. پاهایش چون‌پاهای‌پرندگان‌و مهره‌ها و دمش چون مهره ها و دم‌خزندگان بوده‌است، استخوان‌جناغ‌اومثل‌جناغ پرندگان بوده ولی‌مغزی شبیه مغز خزندگان داشته است. ارکئوپتریکس براستی‌مخلوطی‌ازخصوصیاتی‌را دارا بود که بعدها هریک‌به‌گروهی‌تخصص یافت (صفحه ۱۳۷).

تریودونتها (چارپایان‌دندان‌دار). خزندگانی که در دوره های پرمین و تریاس می‌زیستند (صفحه ۱۰۴)، بسیاری از خصوصیات پستانداران راداشتند. سینوگناتوس‌بهترین‌نمونه این گروه است. این چارپا گوشتخوار بود و به درازی ۱/۵ متر می رسید، جمجمه‌ای دراز و دندانهایی همانند دندانهای متنوع پستانداران، یعنی دندانهای‌پیشین‌ونیش وآسیاداشت. مانندپستانداران‌روی‌پاها تکیه می‌کرد و بسیاری از جزئیات ساختمانی جمجمه، مهره‌ها، لگن، شانه و دستها و پاهایش شبیه پستانداران بود. اعتقاد بر این است که پستانداران از این‌خزندگان‌یا نظایرآنها اشتقاق یافته باشند.

سینوگناتوس

فسیلهای زنده نمونه های زندهٔ گروههای قدیمی فسیل شده‌اند. مرغسانان‌مانند "اردک‌منقار" مورچه خوار خارپشت (اکیدنه) استرالیا، از پستانداران بسیار ابتدایی‌اند که بسیاری از صفات خزندگان را در اسکلت خود حفظ کرده اند. این حیوانات تخمگذارند. تخم این مرغسانان پوسته ای چرمی و زرده‌ای بزرگ دارد، و از غده های عرق که تغییرشکل داده‌اند، شیر ترشح می‌کنند. احتمال دارد که این‌حیوانات از انواع حد واسط میان خزندگان و پستانداران اشتقاق یافته باشند. ژنکوها و آروکاریاها نیز ازگیاهان فسیل زنده اند.

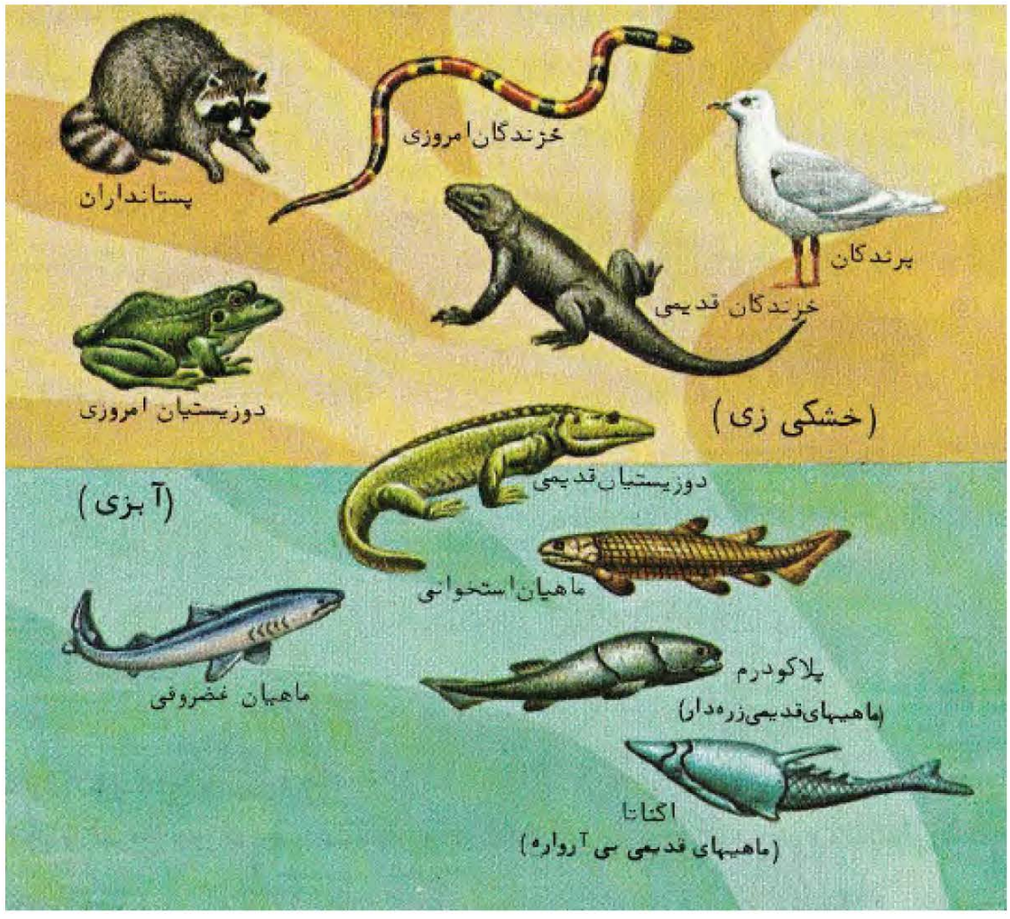
اردک منقار

بررسی فسیلها، سه چیزجالب‌دیگر را آشکارساخته است که نشان‌می‌دهند انواع در نتیجهٔ تکامل پیوسته به وجود می‌آیند: تنوع، اشغال‌کردن محیطها، و تغییرات پیچیده به منظور سازگاری. اینها چیزهایی هستند که، از پیش، برپایهٔ تئوری تکامل قابل پیشگوئی اند.

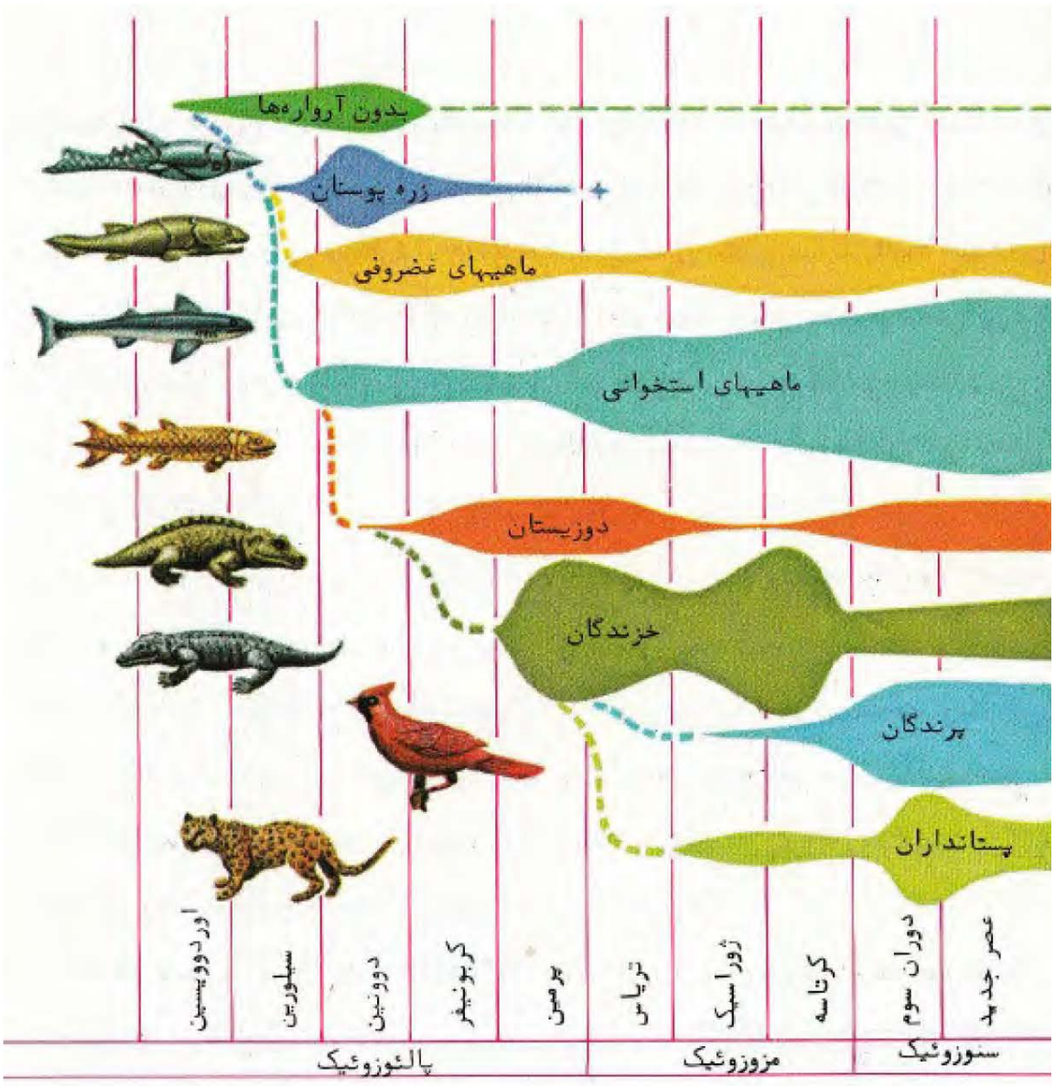
سازگاری جانداران به محیطهای گوناگون با گذشت زمان حاصل شده است. قدیمیترین جانداران فقط در دریاها می‌زیستند و از آن پس به ـ

تدریج آبهای شیرین، خشکیها و هوا را اشغال کردند. شرح مفصل این پدیده در صفحهٔ ۱۲۶ و صفحات بعد از آن آمده است.

سرگذشت مهره داران سازگاری فزاینده‌ای را نشان می‌دهد. پرندگان و معدودی از پستانداران و خزندگان منقرض شده هوا را اشغال کردند، عده‌ای دیگر از آنها به زندگی اجدادی خود در آب "بازگشتند". در هر محیطی سازگاریهای مفصل روی داده است.



عدهٔ کل انواع در طول تاریخ زمین ــ شناسی به صورتی پیوسته و منظم افزایش یافته است. مثلا "حشرات بیش از سه چهارم کل جانداران امروزی‌اند، ولی تا دورهٔ دوونین، یعنی ۳۷۵ میلیون سال پیش هنوز



ردهٔ مهره داران با گذشت زمان بتحیدگی و تنوع روز افزونی نشان داده است . عرض سوسهای افقی گویای وفور نسبی هر گروه است ، و خط حبنها مسا، احتمالی هر گروه را سان می دهد (از سیمپسن)

ظاهر نشده بودند (صفحهٔ ۱۰۴) . رده ها (در تصویر بالا) افزایش تعداد انواع را نشان می دهند.

هرچه اشغال محیطهای جدید بیشتر شد ، پیچیدگی جانداران نیز به همراه آن فزونی گرفت . "پیچیدگی" یک کیفیت مبهم است ولی بیشتر کسان می پذیرند که ترتیب ماهیها ، دوزیستیان ، خزندگان ، پستانداران ، چنین مقیاسی برای درک آن به دست می دهد . ترتیب ظهور آنها ، چنانکه از بررسی فسیلها بر می آید ، نیز به همین صورت است .

فرایند تکامل

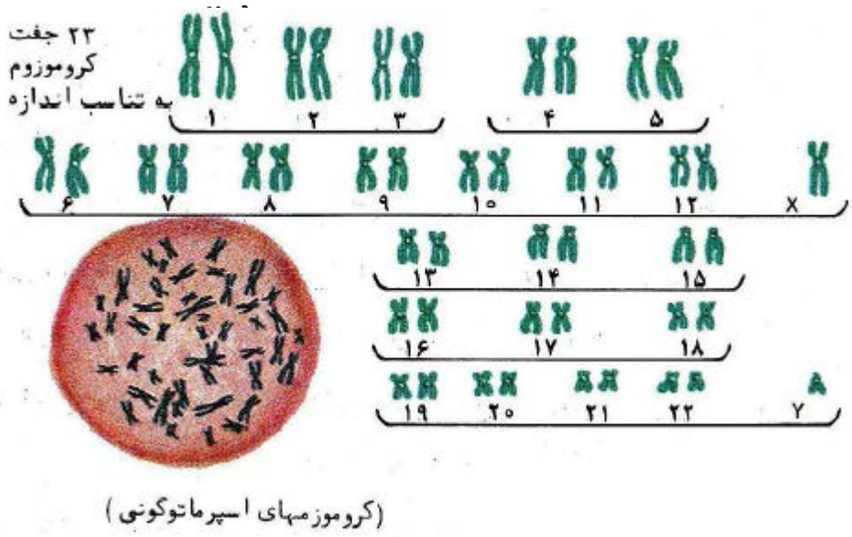
وراثت از سویی ثبات شکل را سبب می شود (شیر همیشه شیر است) . و ازسوی‌دیگرتفاوتهای جزئی (مانند: چشمهای آبی ،چشمهای سبز ، چشمهای قهوه ای ، و چشمهای سیاه در جانوران) را که از خصوصیات همهٔ گیاهان و حیوانات زنده است . خرچنگ دراز فقط خرچنگ دراز به وجود می‌آورد ، و از آدمی نیز آدمی زاده می‌شود ،ولی دو خرچنگ دراز یا دو فرد آدمی را نمی‌توان‌یافت که از همهٔ جهات نظیر یکدیگر باشند . چگونه این دو ،یعنی ثبات و گوناگونی از والدین به اولاد انتقال می یابند؟

ژن‌ها ،چنانکه گرگور مندل (صفحهٔ ۲۵) و پژوهشگران بعدی علم وراثت نشان‌داده‌اند ، عوامل‌تنظیم‌کننده‌ای هستند که پیدایش خصوصیات افراد جدید در دست آنهاست ، ژنها از دئوکسی ریبونوکلئیک‌اسید (DNA) ساخته‌شده‌اند ، (صفحه‌های ۷۹ ، ۷۷ ، ۷۶ ، ۷۵)و می‌توانند همانند خود را عینا " بسازند .

ژنها به صورت متحد و ساختی نمایان‌هستندو کروموزوم نامیده می‌شوند . روی هر کروموزوم چندین‌ژن وجود دارد .

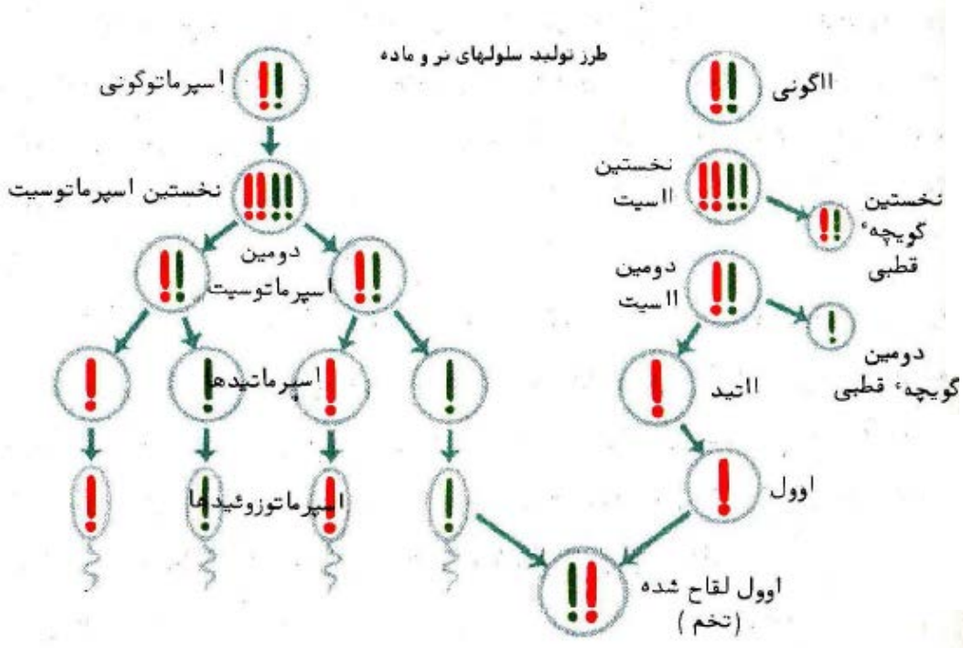
تعدادوشکل‌کروموزمهای‌هرنوع‌جاندار

کروموزومهای آدمی که در زیر نشان داده شده اند ، زنهایی دارند که خصوصیات هر فرد را معین می کنند . x و y کروموزومهای جنسی اند .



(کروموزمهای اسپرماتوگونی)

معین است . در همهٔ جانداران ،جز ساده ترین آنها ، کروموزومها درون هستهٔ سلول قرار دارند .خصوصیات هرجاندار را ژنهای‌معینی‌باعث‌می‌شوند ولی هر ژن می‌تواند بر ژنهای دیگر متقابلا" اثر کند یا اثر خود را با اثر ژنهای‌دیگربیامیزد وسبب‌بروز گوناگونی‌پیوسته‌دربعضی‌ازخصوصیات شود .



سلولهای جنسی سلولهای مخصوص تولید مثل در گیاهان و حیواناتند ، بیشترانواع هم سلولهای نر (اسپرماتوزوئید) تولید می کنند و هم سلولهای ماده (اوول) .

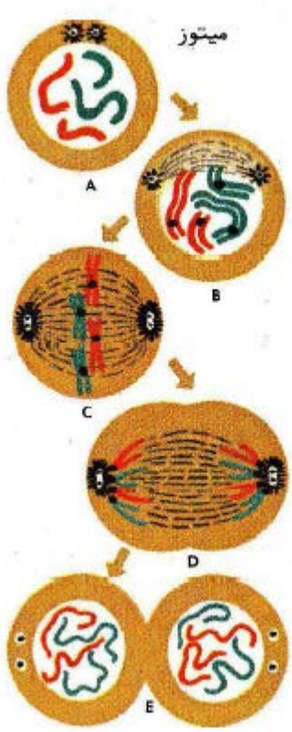
هر سلول جنسی از هریک‌جفت کروموزوم سلول‌دیپلوئید بدن‌جاندار ، فقط یک‌کروموزوم دارد . سلولهای‌بدن دیپلوئیدند یعنی ۲n کروموزوم دارند و حال آنکه سلولهای جنسی فقط n کروموزوم دارند . این گونه سلولها را هاپلوئید می گویند .

کروموزومهای بیشتر انواع جانداران جفت اند به طوری که هر سلول دارای دو کروموزوم شبیه (همساخت) است . هر کروموزوم به نوبهٔ خود ژنهای همساخت دارد .این گونه سلولها را دیپلوئید می گویند . دیپلوئید بودن تعداد ، گویای عدهٔ کل کروموزومهایی است که در هر سلول وجود دارد .

مثلا" در آدمی بیشتر سلولها ۲۳ کروموزوم مختلف دارند بنا براین عدهٔ معمولی کروموزومها n یا ۲۳ است . اما چون در سلولهای غیر جنسی بدن از هرقسم کروموزوم دوتا هست ، یعنی جفت اند ، عدهٔ کل دیپلوئید در هر سلول 2n یا ۴۶ می شود .

تقسیم سلولی،یعنی‌ساخته شدن دائمی سلولهای جدید ، برای‌زندگی و رشد همهٔ گیاهان و حیوانات پر سلولی بسیار لازم است . با همین‌فرایند سلولهای‌جدید به جای سلولهای آسیب‌دیده یا فرسوده به وجود می‌آیند . سلولهای جدید ، همانند کامل سلولهای اولیه اند و همان قسم کروموزومها را به همان تعداد دارند .

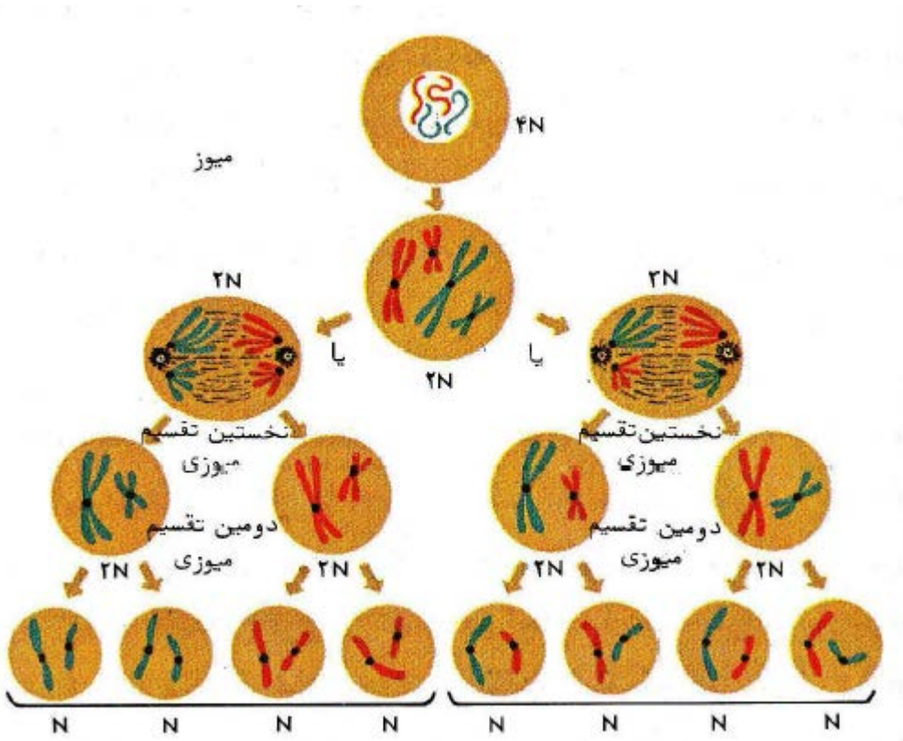
فرایند تولید سلولهای جدید ، در نتیجهٔ تقسیم سلولهای اولیه ،را " میتوز" می گویند . در بیشتر سلولها ، تقسیم سلولی در مدتی کمتر ازدو ساعت پایان می پذیرد . میتوز هم می تواند افراد جدید به وجود آورد و هم سلولهای جدید برای بدن . در بیشتر جاندارانی که به روش بی‌جنسی تولید مثل می کنند ، سلولهای جدید نظیر سلولهای والدین اند .



میتوز چند مرحله دارد : (الف) **پروفاز** که نخستین مرحله است و در طی آن کروموزومها در داخل هسته ضخیم می‌شوند ،ضمنا "از "سانتروزم" بالای هسته ، دو " سانتریول "به ـ وجود می آید ، تارهای سانتریولها ، " آستر" به وجود می آورند .

(ب) **دوک** تارها ، بین دو" آستر" جدا از هم تشکیل می شود . غشای هسته از بین می رود و کروموزومهای ضخیم شده ، از طول ، به دو

" کروماتید " تقسیم می شوند .
(ج) **درمتافاز**،کروموزومهای مضاعف شده،از هسته بیرون‌می‌آیند و جفت جفت در استوای دوک،که بزرگ‌شده است ، قرار می گیرند .
(د) **درآنافاز** هریک از دو کروماتید هر کروموزوم مضاعف به سوی یکی از قطبهای سلول مهاجرت می کند .
(هـ) **درتلوفاز** که آخرین‌مرحله‌است دوک از بین می رود ،هر سانتریول دو نیم می‌شود ، و سلول اولیه به‌دو سلول نظیر تبدیل می گردند .



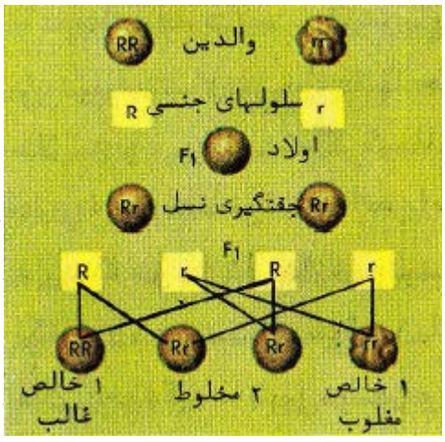
میوزسلولی‌که دیپلوئید است (۲n) و چهار کروموزوم دارد،در شکل بالا نشان‌داده شده است . در میوز سلول دو بار تقسیم می شود . در نخستین تقسیم نصف کروموزومها ، به صورتی تصادفی ،به هریک از دوسلول‌حاصل از تقسیم می رسد . در این تقسیم کاهشی ،کروموزومهای‌اولیه ممکن‌است به دو صورت به سلولهای‌حاصل از تقسیم ، که هاپلوئید خواهند بود ، برسند .هر یک‌از دو سلول‌فقط نیمی از کروموزومها را خواهد داشت .
دومین تقسیم به روش میتوز صورت‌می‌گیرد و در آن هر یک از دو

سلول حاصل ، به دو سلول‌هاپلوئید هر کدام n کروموزوم دارد ، تبدیل می شود . اینها سلولهای جنسی یا سلولهای زاینده خواهند بود که هر یک،یکی‌از دوکروموزوم اولیه‌راخواهد داشت . ترکیب‌شدن دوسلول‌جنسی ، که هر یک n کروموزوم دارد ،نوزادی به وجود خواهد آورد که همان 2n کروموزوم اولیهٔ والدین را خواهد داشت .

تولید مثل جنسی شامل یک نوع تقسیم سلولی دیگر است که نامش " میوز " است و با میتوز به کلی تفاوت دارد . در جاندارانی که به روش جنسی تولید مثل می کنند ، میوز فقط در بیضه های نر و در تخمدانهای ماده صورت می گیرد . همهٔ سلولهای دیگر بدن به روش میتوز زیاد می‌شوند . میوز شامل دو تقسیم سلولی متمایز است .

الگوهای وراثت نخستین بار به وسیلهٔ گرگور مندل (صفحهٔ ۲۵) با هفت صفت سادهٔ نخود که شناختن آنها آسان بود (اندازه ، شکل ، رنگ گل و بر این قیاس) نشان داده شد . مندل از بررسی چگونگی ظهور این صفات درنسلهای‌متوالی کشف کرد که صفات ،تحت‌کنترل عاملهایی (امروزه به آنها ژن می گویند) قرار دارند که در اولاد با هم مخلوط نمی شوند . نیزکشف کرد که در نسل دوم بعضی از صفات ، مثل کوتاهی ساقه ، رنگ‌زرد و چین خوردگی به وسیلهٔ صفات دیگر مثل بلندی ساقه ، رنگ سبز و گرد صاف بودن مخفی می شوند . صفتی که مخفی شده است در نسل سوم ظاهر می گردد . وی این صفات را " غالب " و " پسرفته " نامید و به این‌نتیجه رسید که مستقل از یکدیگر به ارث می رسند .

نسبت وراثت صفت غالب به پسرفته را مندل ثابت یافت . وی دودمان خالص گرد صاف (R) را از طریق گرده افشانی‌غیر مستقیم ،با دودمان خالص چین‌خورده (r) ترکیب‌کرد . در نسل F_1 همهٔ نخودها گرد صاف



شدند ، ولی نخودهای نسل بعد (F_2) ، چنانکه در اینجا نشان‌داده شده است ، ۲۵٪ چین‌خورده‌بودند .

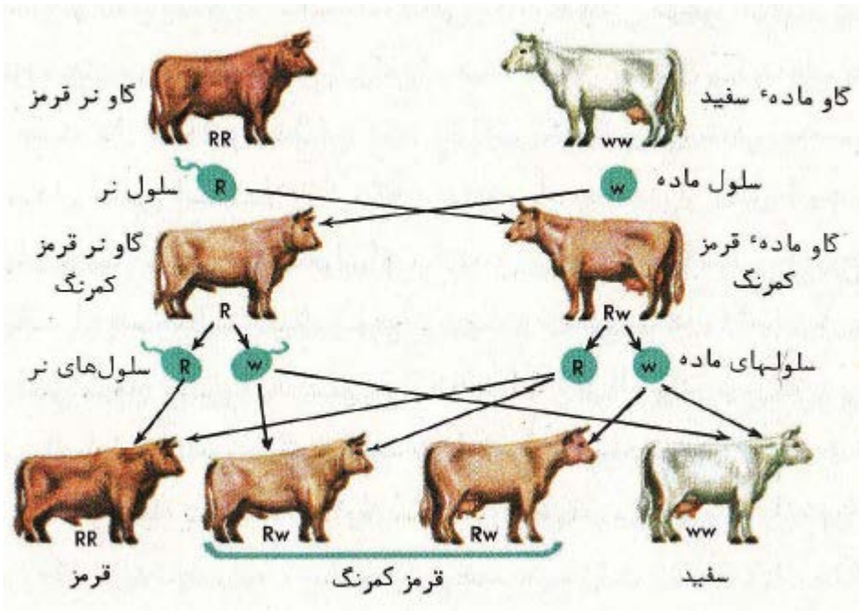
مندل نتیجه گرفت که هر بوته برای‌هرصفت دو ژن داردزیرا برخی از اولاد بعضی‌بوته ها (مثل بوته ـ های F_1) که صفت غالب داشتند ، صاحب‌صفت پسرفته شدند . بوته‌های F_1 درتصویر با Rr نشان‌داده‌شده‌ـ اند . بوته های دودمان‌خالص نیزکه ژنهای جفت دارندRR و rr اند .

مندل چنین استـدلال کردکه این‌ژنهای‌جفت برای‌تولید سلولهای جنسی‌باید از هم‌جدا شوند ، درموقع لقـاح ، هر سلول جنسی به صـورتی تصادفی‌با سلول جنسی دیگر ترکیب می‌گردد به‌طوری‌که نسبت‌عدهٔ‌اولاد دارای صفات والدین قابل پیشگوئی می‌شود . دو ژن ناجور مربوط به یک صفت (مثل بلندی و کوتاهی ساقه) را الل یکدیگـر گوینـد . بعضـی از خصوصیات‌جانداران‌ممکن است بیش از دو الل داشته باشند . خصوصیات پیوسته ، مثل بلندی قامت ، ازسویی تحت تاءثیر اللهای بیش از دو قرار دارند و از سوی دیگر چند جفت ژن متفاوت‌درظهورآنها دست‌اندرکارند.

" ژنوتیپ " هر جاندار عبارت است از مجموع مادهٔ ارثی او . خصوصیات ظاهری هر جاندار را "فنوتیپ " او می گویند . ژنوتیپ Rr فنوتیپ گـرد صاف نخود را باعث می شود .

سه‌ژنوتیپ RR و Rr و rr دربوته‌های نسل F_1 (تصویربالا) نشان‌داده‌شده‌ـ اند ، گیاهی‌که یک جفت از ژن صفت معینی را داشتـه باشد (RR و rr) "هوموزیگوس" نـام دارد . اما اگـر گیاهی‌دو ژن متفاوت‌در ژنوتیپ‌خود

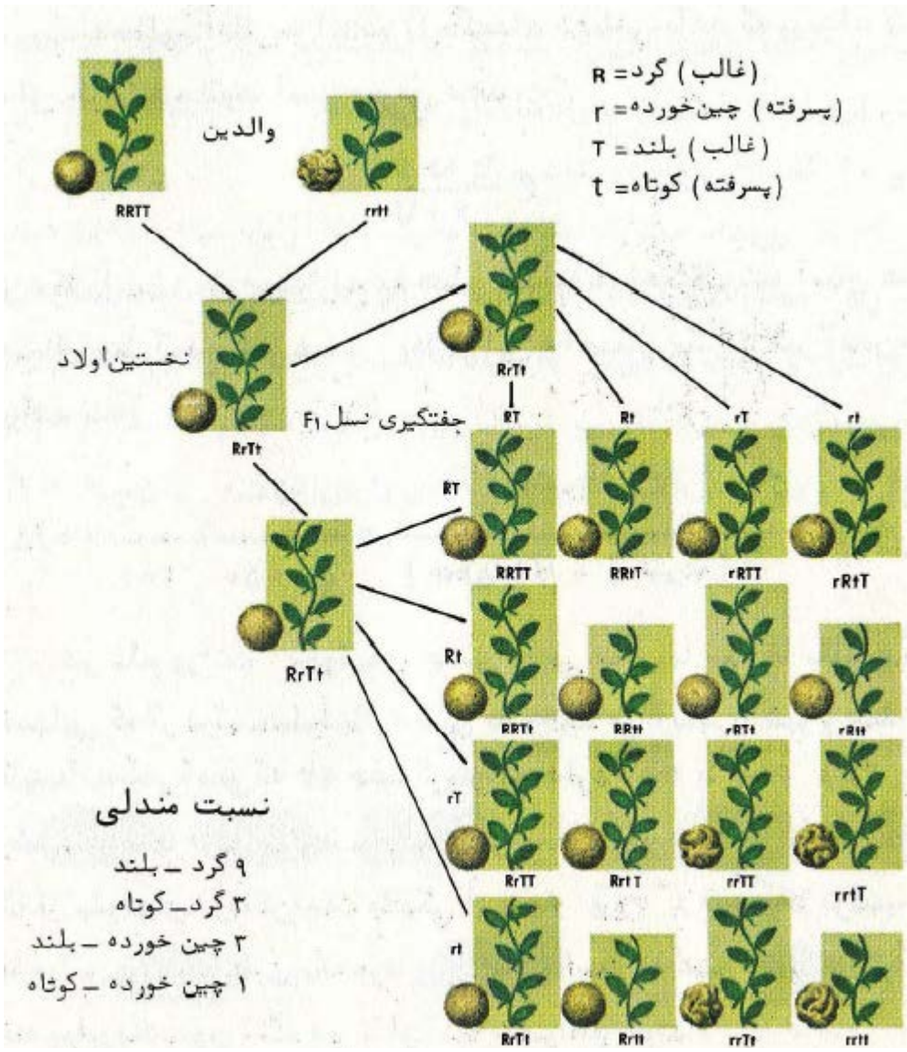
داشته‌باشد (R r)هتروزیگوس‌نامیده می شود . ژنهای مربوط به یک‌جفت مثلا " R و r - راالل‌یکدیگر گویند . چون بعضی صفات غالب اند ،امکان دارد که دو جاندار دارای فنوتیپ یکسان ، و ژنوتیپهای متفاوت باشند، مثلا "نخودگردصاف می‌تواندژنوتیپ RR یا Rr داشته باشد . تنها از روی بررسی اولاد اینها می‌توان‌آنها را تمیز داد . هوموزیگوس RR همیشه اولاد مثل خود یعنی R به وجود خواهد آورد و حال‌آنکه هتروزیگوس هم‌اولاد R به‌وجودمی‌آوردوهم r .

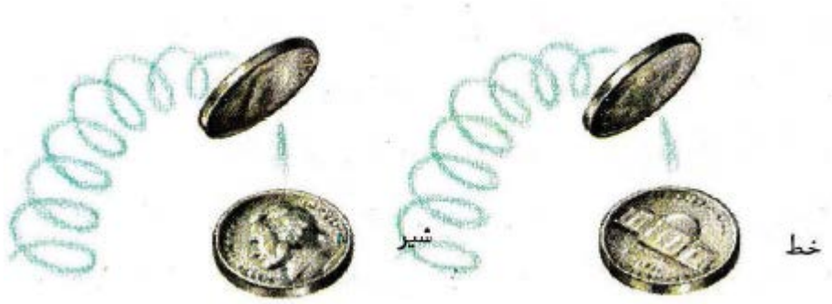


مخلوط شدن بعضی صفات هنگامی مشاهده می‌شود که یک الل کاملا "بر الل دیگر غلبه نکند . در گاو نژاد شورت هورن گاو نر قرمز RR و گاو مادهٔ سفید WW گوساله‌های هتروزیگوسی‌تولیدمی‌کنند که‌فنوتیپ آنها قرمز روشن است (مخلوطی‌از موی قرمز و سفید) . جفتگیری یک‌گاو نر قرمز روشن (RW)با یک‌گاومادهٔ قرمز روشن (RW) گوساله هایی به نسبت ۱ سفید ، ۲ قرمز روشن ، ۱قرمز به بار خواهد آورد .

قوانین وراثت را در تصویر زیر از بررسی ترکیب بوتـــه های نخود که بلندی‌آنهامتفاوت (T = بلند ، غالب ، t = کوتاه ، پسرفته) است با بوته‌های دارای‌دانه‌های‌متفاوت (R = گرد صاف ، غالب ، r = چین‌خورده ، پسرفته) می‌توان مشاهده کرد . از ترکیب کردن یک بوتهٔ دودمان خالص دارای‌دانهٔ گردصاف و ساقهٔبلند (R T) با یک‌بوتهٔ دودمان خالص دارای دانهٔ چین ــ خورده و ساقهٔ کوتاه (r t) نتیجه ای حاصل می شود که در تصـــویرزیر نشان داده شده است . نسبتهایی که مندل به دست آورده ، میانگین نتایج حاصل از ترکیب کردن عدهٔ زیادی گیاه مختلف است .

برای ادراک مکانیسمهای وراثت ، آشنایی با قوانین احتمالات بسیارمبهـــم





است . قوانین احتمالات ،احتمال وقوع رویداد معینی را بیان می کنند .اگر سکه ای را به هوا بیندازید احتمال شیر آمدن سکـه ۵۰ در صد است . این احتمال را می توانیم محاسبه کنیم . اگر P = احتمال ، f = مجموع دفعاتی که رویداد مطلوب اتفاق می‌افتدو U = تعداد دفعاتی باشد که رویداد دیگری که از نظر ما نامطلوب است رخ می دهد .

$$P = \frac{f}{f+U}$$

اگر سکه را ۱۰۰ بار بیندازیم به همان اندازه که احتمال شیر آمدن هسـت احتمال خط آمدن نیز هست . بنا بر این ، احتمال یک بار شیر آمدن چنین خواهد شد :

$$P(\text{شیر}) = \frac{f(\text{شیرها})}{f(\text{شیرها}) + U(\text{خطها})} = \frac{۵۰}{۵۰+۵۰} = \frac{۵۰}{۱۰۰} = ۰/۵$$

در علم وراثت ، سلولهای جنسی را می توان با سکه ها مقایسه کرد و تخمهایی که از ترکیب سلولهای جنسی به وجود می آیند با شیر و خط قابل مقایسه‌اند . در آدمی که ۲۳ جفت کروموزوم دارد $۲^{۲۳}$ یا ۸٬۳۸۸٬۶۰۸ قسم ترکیب مختلف برای تولید سلولهای نر و ماده وجود دارد . از آنجا که هر یک از سلولهای نرممکن است با یکی از ۸٬۳۸۸٬۶۰۸ قسم بالا ترکیب شود ، بنا براین به طور نظری یک مرد و زن ممکن است به عدهٔ جمعیت کرهٔ زمین بچه بیاورند بدون آنکه دو تا از آنها نظیر هم شوند .

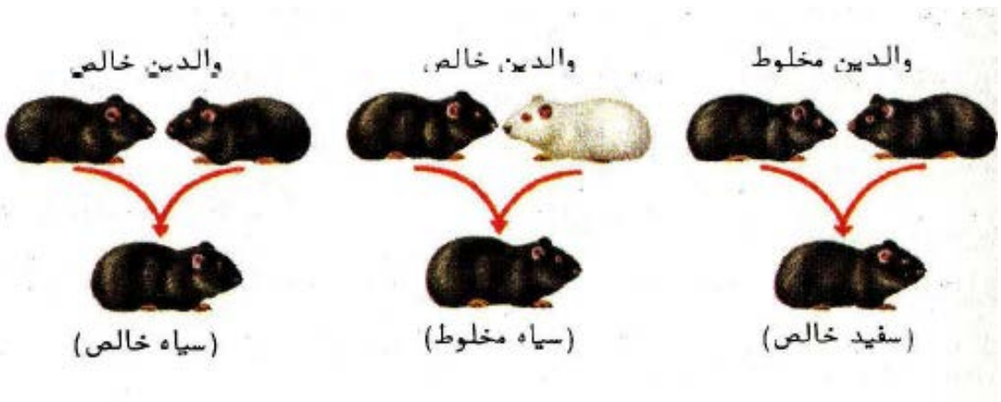
احتمالات وراثت را می‌توان مانند احتمالات انداختن سکه محاسبه کرد. مقدار ۰/۵ = (شیر) P در سکه یعنی نسبت ۵۰ به ۵۰، و این بدان معنی است که از هر دو بار انداختن یکی شیر خواهد آمد . بر همین قیاس احتمال (خط) P- خط شدن روی سکه ــ نیز ۰/۵ است. مجموع احتمالات وابسته به هم همیشه ۱ است. در مورد سکه می‌توان‌چنین‌نوشت

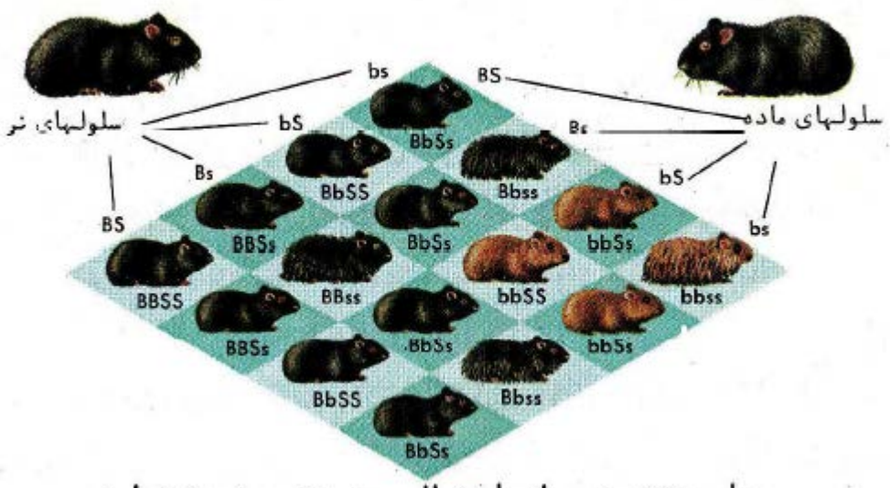
$$P(\text{شیر}) + P(\text{خط}) = ۱$$

حدود احتمالات‌از ۰ تا ۱ تغییرمی‌کند. ۱ = P یعنی‌اینکه یک رویداد معین‌محققا "روی دادنی است . ۰ = P بدان معنی است که وقوع یک‌رویداد غیرممکن است . احتمال وقوع همزمان دو رویداد مستقل یا بیش از آن ، از حاصلضرب‌احتمال‌وقوع آنها دریکدیگر به دست‌می‌آید: $P = P_۱ \times P_۲$

در این فرمول P احتمال وقوع همزمان رویدادها ، $P_۱$ احتمال‌وقوع یکی‌از آنها و $P_۲$ احتمال وقوع رویداد دیگر است .

گاه یک رویداد بیش از یک‌علت دارد. مثلا "رنگ سیاه خوکچهٔ هندی تصویر زیر ، ممکن است حاصل اثر همهٔ اللهای سیاه باشد ، یا حاصل اثر اللهای سیاه و سفید به شرطی که سیاه غالب باشد. بنا بر این احتمال‌وقوع چنین رویدادی (۲) که بیش از یک صورت دارد ، عبارت است از مجموع احتمالات‌هریک‌ازعلل‌آنها (p و q) . این را می توان با $P_۲ = P_p + P_q$ محاسبه کرد .





محاسبهٔ ژنوتیپهای احتمالی به روش صفحهٔ شطرنج

خانه‌های شطرنجی بالا روش محاسبهٔ ژنوتیپها را دربچه های دو خوکچهٔ هندی نشان می دهد که از نظر موی سیاه و کوتاه هتروزیگوس اند (B = سیاه ، b = قهوه ای ، S = موی بلند، s = موی کوتاه) . چهار قسم سلول جنسی ممکن که هریک از آنها می ـ تواند تولید کند در دو پهلوی خانه‌های شطرنجی ترتیب داده شده‌اند. نتیجهٔ ترکیب آنها در مربعها نوشته شده است .

از آنجا که B و S غالب اند ، ژنوتیپهای BBSS و BbSs و BbSS و BBSs فنوتیپهای سیاه کوتاه مو تولید خواهند کرد .

از این ترکیبها ، ۹ سیاه کوتاه (یک BBSS ، دو BbSs وچهار BbSs و دو BBSs) ، ۳ قهوه‌ای کوتاه (یک bbSS ودو BbSs) ، ۳ سیاه دراز (یک BB ss ودو Bbss و یک قهوه‌ای دراز (bbss)تولید خواهند شد . این نسبت ۹ : ۳ : ۳ : ۱ با اصل هاردی ـ واینبرگ تطبیق می کند .

تخمها ، یا سلولهای مادهٔ لقاح شده ، از ترکیب دو سلول جنسی منفرد حاصل می شوند ، هر یک از این دو سلول را می‌توان یک " رویداد " مستقل به ـ حساب آورد . اگر p احتمال یک تخم دارای کروموزوم سیاه و q احتمال یک تخم دارای کروموزوم سفید باشد . پس $p + q = 1$.

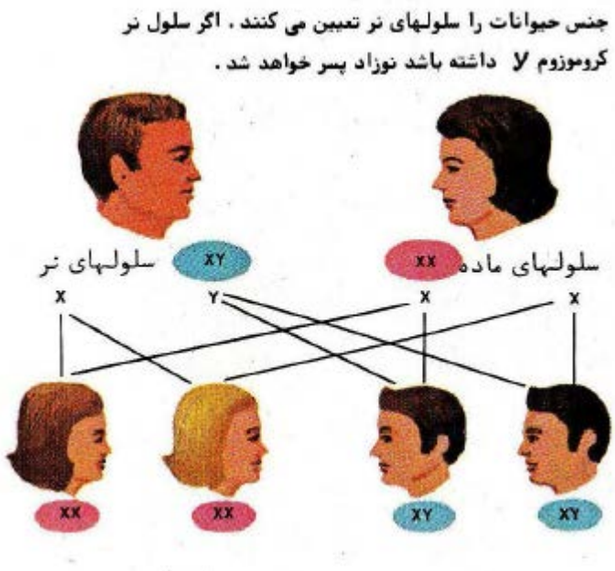
تخمی که دارای یک کروموزوم سیاه ویک کروموزوم سفید باشد به دو

طریق تولید می‌شود ــ pq یا qp ــ، نتیجهٔ هر دو یکسان است . برای محاسبهٔ احتمال این حالت ، می‌توانیم جفتگیری تصادفی جمعیت بزرگی‌را از روی‌فرمولی‌که حاصلضرب سهم نر $p+q$ درسهم ماده $= (q+p) \times (p+q)$ رانشان‌می‌دهد ، پیدا کنیم :

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

این‌رابطه ،که به اصل‌هاردی‌ــ واین‌برگ موسوم است ،نشان می‌دهد که در یک جمعیت‌بزرگ پایدار ، فراوانیهای ژنوتیپهای مختلف قابل پیشگویی اند و از یک نسل به‌نسل دیگر همچنان حفظ می شوند .

مکانیسم وراثت که در نتیجهٔ بررسیهای مندل و دانشمندان بعدی‌علم وراثت‌کشف شده است ، نشان داده است که هر صفت ارثی ، مثل شکل‌دانه یا رنگ آن در نخود ، به وسیلهٔ یک جفت ژن کنترل می شود . هریک‌از دو ژن‌جفت (یک الل) از یکی از والدین است . ژنها روی کروموزومهای رشته مانند که دیدنی‌اند قرار دارند.رفتار کروموزومها عینا "رفتار قابل‌پیشگوئی ژنهاست (صفحهٔ ۶۳) .قبلا "دیدیم که چگونه ژنها درموقع تولید سلولهای نر و ماده جدا می شوند و در موقع تولید تخم با هم جمع می شوند . ولی باید دید که چه چیزی جنس فرد جدید را معین می کند .



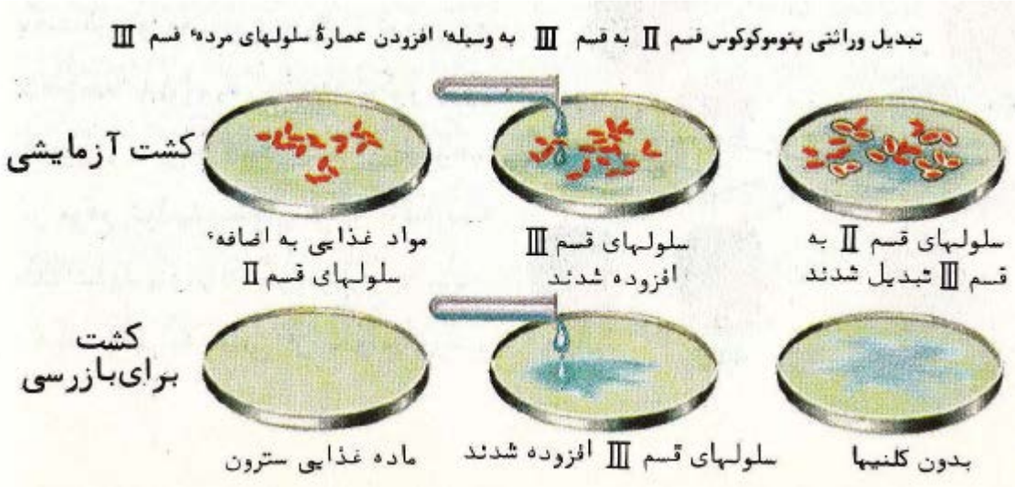
جنس نوزاد را جفت مخصوصی از کروموزومها تعیین می کند . مادر یک جفت‌کروموزوم جور دارد (کروموزوم X صفحهٔ ۵۸) وپدر یک‌جفت‌کروموزوم ناجور (X و Y) تقسیم‌کروموزومها در موقع تولید سلول نر یا ماده به همهٔ سلولهای‌ماده کروموزوم X می‌دهد ، ولی به نیمی از سلولهای‌نر

کروموزوم X می رسد و به نیم دیگر کروموزوم Y . جفت‌شدن تصادفی این کروموزومها در موقع لقاح یا X X (ماده) تولید می کند یا X Y (نر) .
ژنهای دیگری نیز ، از جمله ژن هموفیلی و ژن رنگ کوری نیز روی کروموزوم جنسی قرار دارند . این صفات وابسته به جنس ممکن است از والدین به ظاهر " عادی " به اولاد انتقال یابند .

ژنها وراثت را کنترل می کنند ، ولی چه چیزی ژنها را کنترل می کند ؟ ژنها چگونه اطلاعات ارثی پیچیدهٔ خود را از نسلی به نسل دیگر انتقال می دهند ؟

تجزیهٔ شیمیایی کروموزومها معلوم داشته است که از چهار مادهٔ مرکب ساخته شده‌اند : دو پروتئین ، یکی با وزن مولکولی بالنسبه کم و دیگری وزن مولکولی بمراتب بیشتر ، دو اسید نوکلئیک ، یکی دئوکسی ریبوزنوکلئیک اسید (DNA) و دیگری ریبوزنوکلئیک اسید (RNA) . ترکیب این چهار قسم مولکول کروماتین را به وجود می‌آورد که "مادهٔ اصلی" ساختمانی کروموزوم است . DNA حامل اطلاعات ارثی و عامل کنترل آنهاست .

DNA را زمانی گمان بردند که "جزء اصلی "ژن است ، که کشف کردند مقدار DNA درهستهٔ سلولهای جنسی و هستهٔ سلولهای عادی بدن در هردست کروموزوم برابر است . یک نژاد از باکتری **پنوموکوکوس** را می توان به نژاد دیگر تبدیل کرد به شرطی که آن را باعصارهٔ خالص سلولهای مردهٔ

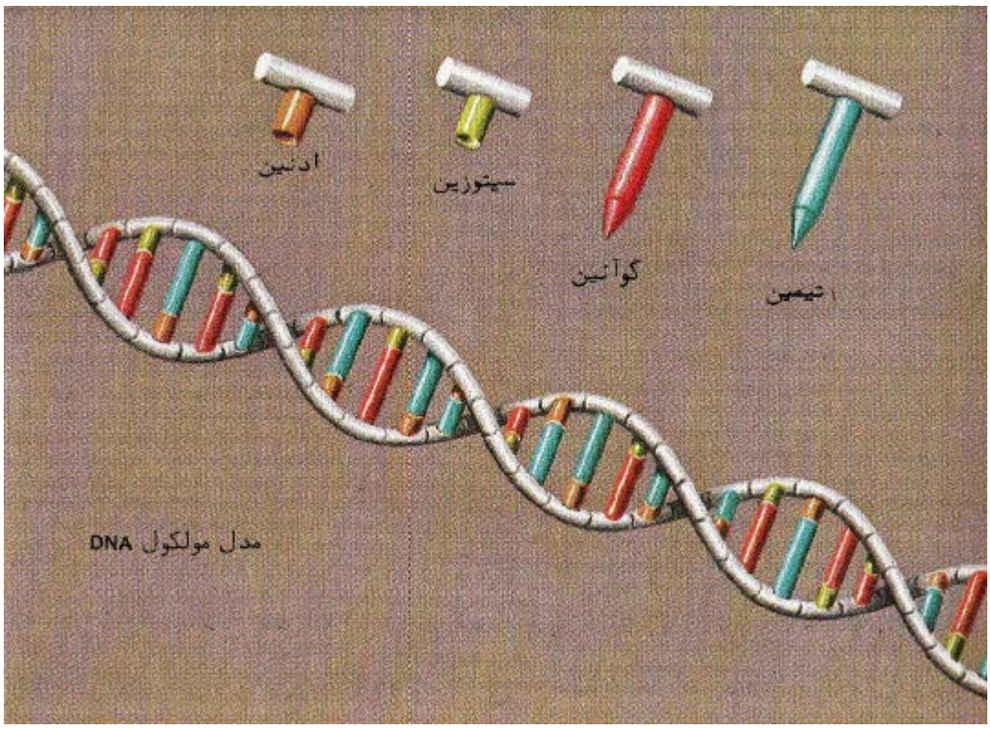


نژاد اخیر آلوده‌کنند. نژاد "تبدیل شده" نظایر خود را به وجود می ـ آورد و بعدا "معلوم شد که آن‌عصاره DNA است. بنا براین، این DNA غیر زنده که از نژاد دیگر گرفته‌شده بود می توانست‌مکانیسم وراثت سلولهای باکتری را تغییر دهد. با به وجود آوردن‌این‌گونه تبدیلات‌در باکتریهای‌دیگرنشان دادند که ژنها مرکب از DNA هستند.

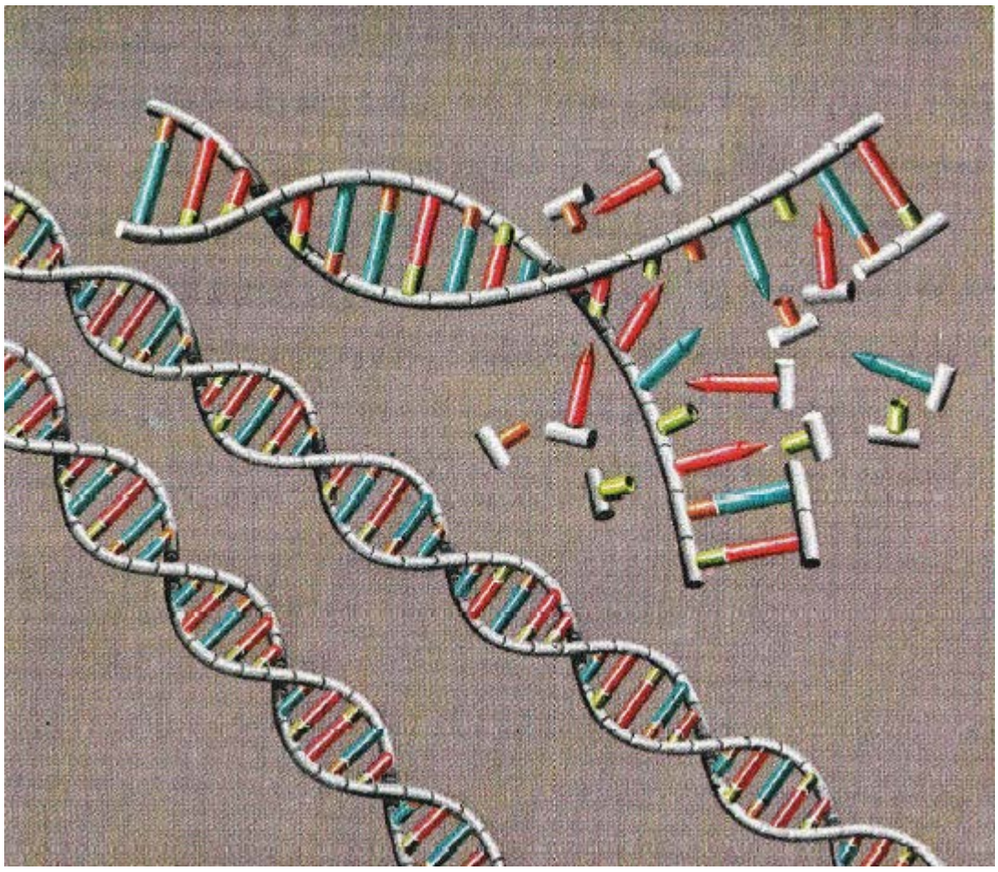
کلیدشیمیایی‌وراثت DNA است (دئوکسی ریبونوکلئیک اسید) . DNA به وسیله دستورهای تنظیم کنندهٔ رشد و شکل که از سلولی به سلول دیگر و از والدین‌به اولاد می‌رسد، وراثت را کنترل می کند. DNA درهمهٔ موجودات زنده وجود دارد.

ساخت DNA مارپیچ مضاعفی‌است شبیه نردبانی‌که بارها پیچ‌خورده باشد. هرپلهٔ‌این نردبان‌مولکولی ازیک‌جفت یا دو تا ازچهارباز ـ ادنین،

مدل بخشی از مولکول DNA در این تصویر نشان می دهد که هر پلهٔ نردبان مارپیچ از دو باز ساخته شده است.



تیمین ، گوآنین و سیتوزین ــ ساخته شده است . اندازه و ساخت دو بازهر پله چنان است که هر پله همیشه از ادنین و تیمین یا گوآنین و سیتوزیــن مرکب‌است . توالی جفتهای بازها در پله‌ها ، زبان رمزی است برای‌انتقــال دستورهای رشد . از این چهار مادهٔ اساسی زبان رمز ، اقسام تقریبــا " بی نهایتی از انواع توالیها می تواند به وجود آید .



گسیختن پله های نردبان DNA ، همانند زمبی که از یک سر باز می‌شود ،و متصل شدن بازهای‌جدید نظیر بازهای‌اولیه بدانها ، دو مولکول جدید به وجود می آورد . نیمی از هر مولکول جدید ، باقیماندهٔ مولکول اولیه است .

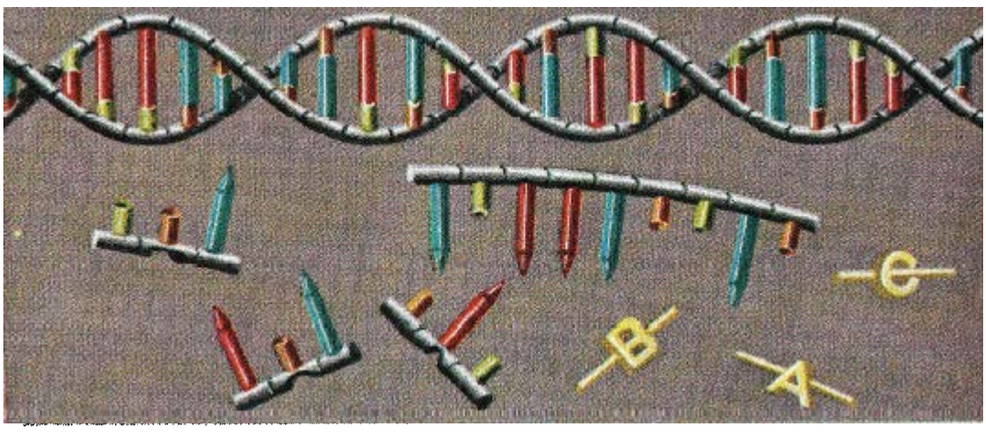
DNA با توانائی منحصر به فرد خود در گسیختــن وسط پله‌های نــردبان مولکولی و آزاد ساختن‌انتهای بازهای آنها ،رشد را کنترل‌می‌کند . بازهایی که پس از گسیختن‌پله ها آزاد می‌شوند ،به بازهای جدیدی که همراه غذای جاندار به بدن او می‌رسند ،متصل می گردند . به تدریج که نردبان‌مولکولی

از هم گسیخته می شود ، هر نیمهٔ آن در نتیجهٔ اتصال بازهای جدید ، مولکولی همانند می سازد که درست همانند مولکول اولیه است . توالی تغییر ناپذیرجفتهای بازها در دو مولکول جدید را همان دو نیمه مولکول اولیه سبب می شوند . بدین طریق است که مولکول DNA می تواند بارها همانند سازی کند .

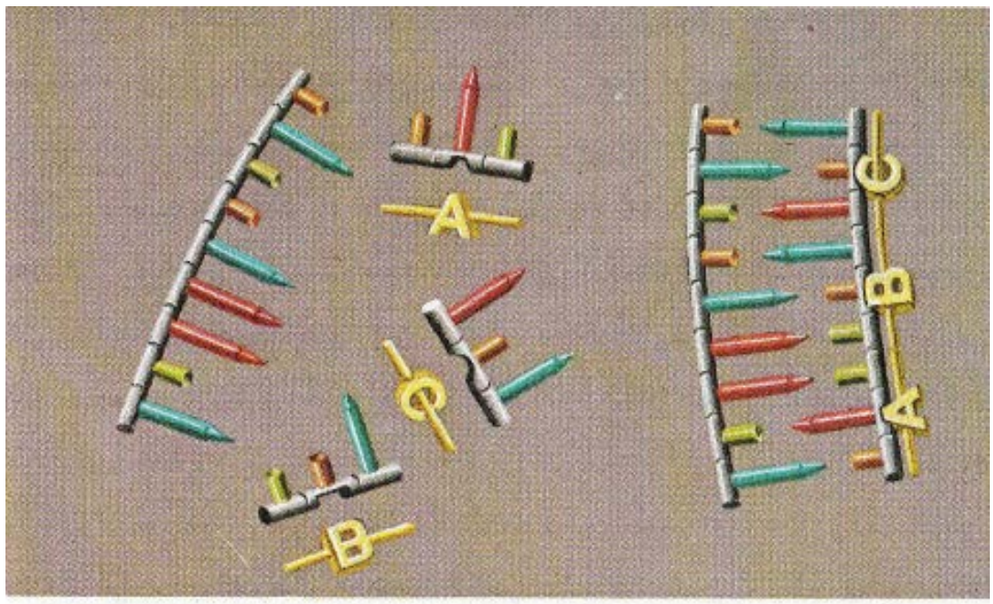
ساخته شدن پروتئینها ـ RNA ساختی بسیارشبیه ساخت DNA دارد ، ولی به خلاف آن فقط در هستهٔ سلول نیست . RNA ، پیک اصلی ساخته شدن پروتئینها در سلول است . در همهٔ فرایندهای بدن پروتئینها دست اندرکارند . پروتئینها مادهٔ اساسی بدن جانداران اند . وازمولکولهای بزرگی ساخته شده اند که ترکیبی هستند از ۲۰ قسم امینواسید .

RNA از DNA ساخته می شود و تفاوتش با DNA این است که قند موجود در مولکولش (ریبوز) یک اتم اکسیژن بیشتر دارد و در ساخت مولکولی نیز به جای بازتیمین باز اوراسیل دارد . " RNA پیک " ،که اندکی با مولکول DNA تفاوت دارد ، ساخته شدن هر یک از انواع گوناگون پروتئینها را کنترل می کند . هر مولکول " RNA پیک " کپیه ای است از یک مولکول DNA درون هسته و دارای همان توالی بازها به صورت زبان رمز است .

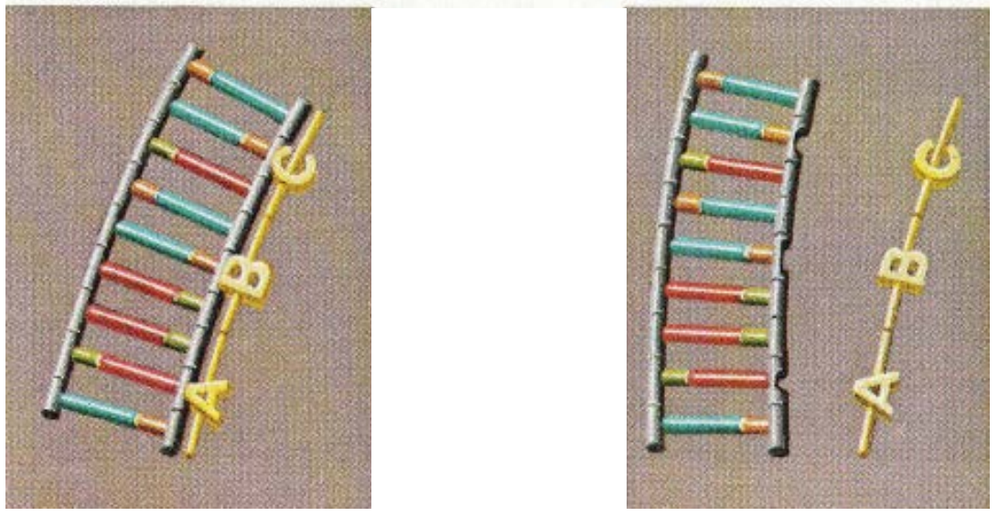
" RNA پیک" حامل زبان رمز است ، و حال آنکه هر سه جزء متوالی مولکول آن چنان ساختی دارد که امینواسید معینی را می گیرد . در قسمت بالای تصویر مارپیچ RNA دیده می شود .



مولکولهای دیگری از RNA به نام " RNA ناقل " وجود دارند که هریک از آنها یک قسم امینواسید به همراه دارد ، هر یک از مولکولهای " RNA ناقل" ، امینواسید خود را به ترتیبی که توالی بازها در مولکول" RNA پیک" تعیین می کنند ، بدان می افزاید . هنگامی که امینو اسیدها مرتب شدند و با توالی درستی با هم ترکیب گشتند ، مولکولهای " RNA ناقل" از مولکول پروتئین تازه ساخته شده جدا می شوند و کار خود را از سر می‌گیرند .



مولکولهای " RNA ناقل" (چپ) امینواسیدهای گوناگون خود را به سوی مولکول RNA می برند (راست) .



هرمولکول " RNA " ناقل‌بایک‌واحد سه‌جزئی‌مولکول " RNA " پیک‌متحد می شود و امینواسیدها را به ترتیبی به هم متصل می کنند که مولکول پروتئین معینی به وجود آید .

وقتی‌مولکول جدید پروتئین ازتوالی امینواسیدها ساخته شد از مولکول RNA جدا می‌شود . بیشتر پروتئینها صدها امینو اسید دارندکه به ترتیب مخصوصی به هم متصل شده اند .

تغییرپذیری جانداران از چه ناشی می شود ؟ اگر تعادل وراثتی هر جمعیتی‌همواره حفظ می‌شود ، پس چگونه تغییر حاصل می‌گردد ؟ تکامل حیوانات و گیاهان چگونه توانسته است روی دهد ؟ منشاء تفاوتهای موجود در گیاهان و حیوانات از کجاست ؟

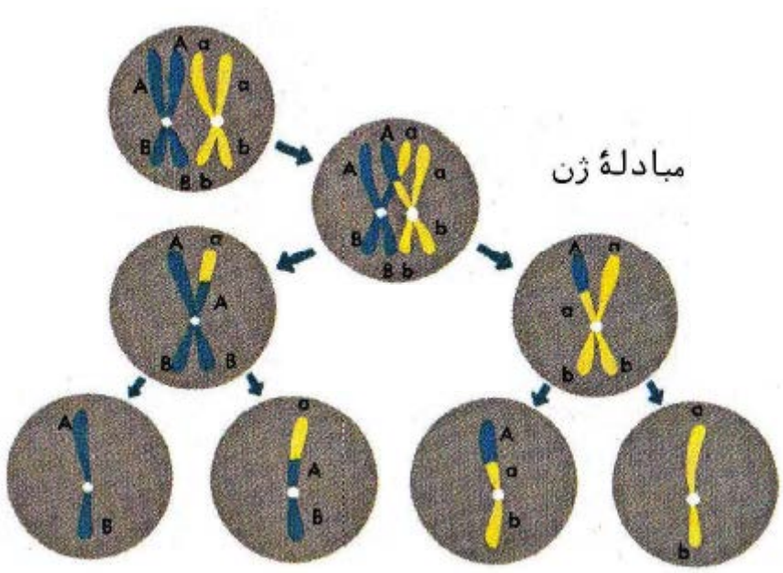
دو فرد جاندار نمی توان یافت که کاملا " نظیر یکدیگر باشند . این تفاوتهای‌فردی درسگها یا ماهیهای‌حوض به همان اندازه آشکار است که در آدمیان . بعضی از تفاوتها در طول مدت زندگی از طریق رفتار یا از محیط کسب می‌شوند . تغذیهٔ خوب یا بد بر وزن بدن اثر می گذارد . بیماریهای تنفسی‌ممکن‌است ازطریق استعمال‌دخانیات‌یا زندگی در هوای‌آلوده حاصل

تصویر این جمعیت نشان دهندهٔ تغییر پذیری نوع ماست .

شوند . اما بسیاری از خصوصیات فردی موروثی اند نه ناشی از اثر محیط ، مثل رنگ چشم ،حالت چهره ، رنگ کوری ، و قد .این تفاوتها از کجا ناشی می شوند ؟

این گونه تفاوتها از دو راه به وجود می آیند : (۱)مخلوط شدن‌و توزیع مجدد ژنها درهنگام‌تولیدمثل (ترکیب‌مجدد) ، (۲)تغییر ناگهانی ساخت ژن ، که باعث بروز خصوصیات جدید می شود (جهش) .

ترکیب‌مجدد منبع اصلی بروز تفاوتهاست ، و آن‌هنگامی روی می دهد که کروموزومها در موقع لقاح میان والدین ، به صورتی جدید با هم ترکیب شوند :درنتیجهٔ " کراسینگ‌اوور " ،یعنی‌مبادلهٔ مادهٔ ارثی‌میان‌کروموزومها ، نیزحاصل می‌شود . ترکیب مجدد شامل پیدایش ژنوتیپهای جدید ازطریق دوباره مخلوط شدن ژنوتیپهای موجود است (صفحهٔ ۶۷) .درجاندارانی که به روش بی جنسی تولیدمثل می‌کنند ،بروز تفاوتها کمتر از جانـــدارانی است که به روش جنسی تولید مثل می نمایند . این پدیده ، به تولیدمثـــل جنسی ارزش تکاملی بسیار داده است . تولید مثل جنسی منبع اصلی بروز تفاوتهای بسیاری است که در انواع گیاهان و حیوانات دیده می شوند .



کراسینگ اوورکروموزومها گاه درطول میوز، یعنی درجریان تولید سلولهای جنسی، صورت می‌گیرد. کراسینگ‌اوور درنتیجهٔ چسبیدن رشته‌های کروموزوم به یکدیگر و مبادلهٔ قسمتی از ژنهای دو کروموزوم جفت حاصل می شود. محل اتصال دوکروموزوم ومبادلهٔ ژنها را **کیاساتا** می گویند.

هر کراسینگ اووری که روی می‌دهد، عدهٔ اقسام سلولهای جنسی را دوبرابر می‌کند و در وضع پیوستگی ژنها به یکدیگر تغییر به وجود می‌آورد و با این عمل منبع مهمی برای تغییرپذیری فراهم می سازد. در تصویر پایین رنگهای مختلف ژنهای مختلف را نشان می دهد.

گاوهای بی شاخ نژاد هرفورد، شاخ ندارند زیرا ژنی که ترشح شاخ را تنظیم می کند جهش یافته است.

هر فورد شاخ دار

هرفورد بی شاخ

جهشها، عبارتند از تغییراتی در مادهٔ ارثی که به پیدایش خصوصیات جدید می انجامند. تغییر حاصل، ممکن است آشکار باشد (مثل شکل بال مگس، فقدان شاخ در گاو هرفورد، کوتاهی چهار پا در گوسفند آنکون، یا پرپرشدن گلها)، یا آشکارنباشد و درجزئیات اوضاع شیمیایی و فیزیولوژیک روی داده باشد. ژنهای مخصوصی هستند که تغییر آنها بیش از یک صورت دارد و بسیاری از آنها می توانند جهت تغییری را معکوس کنند. هر ژن با

نرخ مشخصی دستخوش جهش می‌شود. مثلا "بعضی از ژنها در هریک‌میلیون سلول‌جنسی یک بارجهش حاصل می‌کنند و حال آنکه ژنهای دیگر ۵۰۰ بار بیش از آنها جهش می‌یابند. نرخ جهش تحت تاءثیر عوامل گوناگون مانند تغییر دما، تابش، و محرکهای شیمیایی، تغییر می کند. جهشهای‌آشکار غالبا" برای جاندار جهش یافته زیان‌آور تر از جهشهای کوچکترند.

جهش ظاهرا "به علت‌نقصهای‌کوچکی روی می‌دهد که درموقع همانند سازی ساخت شیمیایی مولکول DNA، که سازندهٔ ژن است، پیدا می‌شوند. جهش ممکن است تعداد اجزای سازندهٔ مولکول DNA را تغییر دهد، نیز ممکن است در تعداد اجزای سازندهٔ کروموزوم تغییر به وجود آورد. گاه کروموزومها تقسیم می شوند ولی سلول تقسیم نمی شود و حاصل این عمل اضافه شدن یک دست کروموزوم، یا بیشتر، به کروموزومهای سلول است (پولی پلوئیدی). آنها که بدین طریق جهش یافته اند نظایرخود را به وجود می آورند و به نمونهٔ اولیه باز نمی گردند.

رانش وراثتی پدیده‌ای است‌که به وسیلهٔ سیوال‌رایت دانشمندآمریکائی علم وراثت‌کشف شده است. کار او بررسی وراثت جمعیتها از نظر ریاضیات بوده است. " خزانهٔ ژن " تحت تاءثیر فراوان اندازهٔ جمعیت قرار دارد. مراد از خزانهٔ ژن جمع کل ژنهایی‌است‌که جمعیت‌معینی دراختیارفرزندان خود قرار می دهد. در جمعیتهای بسیار کوچک، مثل جمعیتهایی که ازیک جمعیت بزرگ جدا مانده‌اند، تصادف نقش بالنسبه مهمتری را در تولید تغییرات ارثی ایفا می کند و این تغییرات گاه با سازگاری جاندار به محیط ارتباطی ندارند، اگرچه‌درستی پدیدهٔ رانش وراثتی‌ازطریق‌آزمایش به‌اثبات رسیده‌است، امانقش آن‌درتکامل‌هنوز روشن‌نیست. امکان داردکه‌رانش‌وراثتی درجمعیتهای کوچکی که بعدا "رشد کرده‌اند اهمیت‌داشته باشد ونیزبتواند در توضیح دادن بعضی از تغییرات شگفت انگیز بی اثر یا بی‌ارتباط با سازگاری، که در جمعیتهای گوناگون وحشی دیده می شود، نقشی ایفا کند.

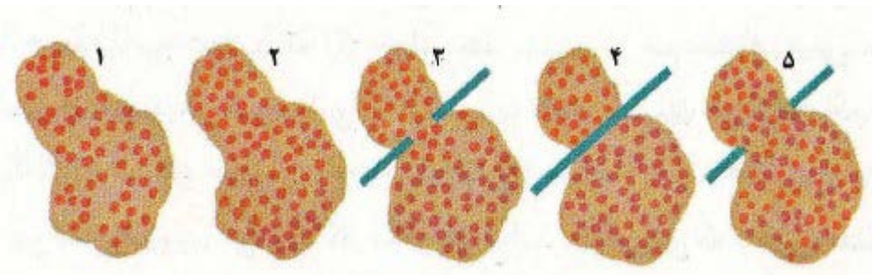
از آنچه گذشت می‌توان نتیجه گرفت که تغییرپذیری، چهار منبع احتمالی دارد: ترکیب مجدد، کراسینگ اوور، جهش، و رانش وراثتی. از این چهار عامل، ترکیب مجدد بر روی هم از همه مهمتر است. زمانی گمان می‌کردند که تغییرپذیری به تنهایی می تواند تغییر تکاملی به بار آورد بدون آنکه عوامل دیگر دست اندرکار باشند. اما تحلیلهای آماری نشان داده‌اند که فقط انتخاب طبیعی می تواند عامل بقا و پالایش سازگاریهای بیحسابی باشد که در موجودات زنده دیده می شود. تغییر پذیری به تنهایی همهٔ دستورالعمل تکامل نیست بلکه مادهٔ خام اساسیی است که چیزهای دیگر بدان وابسته اند.

جدا ماندن خزانه های ژن، انواع را از نژادها و دمها متمایز می‌سازد. اینها جمعیتهایی هستند که اگر مجاور هم باشند با هم جفتگیری می‌کنند. پیدایش جدایی میان گروههایی که زمانی با هم جفتگیری می کرده اند عامل مهم تکامل است. هر جمعیتی که جدا بماند، تغییرات ارثی مستقل و تدریجی پیدا می‌کند تا روزی می‌رسد که دیگر نمی‌تواند با گروهی که زمانی جفتگیری می‌کرد به جفتگیری پردازد. از آنجا که اوضاع اقلیمی و اکولوژیک به کندی تغییر می کنند، تأثیر متقابل مؤثری میان آنها و توزیع انواع به وجود می‌آید. بسیاری از انواعی که درحال حاضر از هم متمایزند، نشانهٔ جدا ماندن جمعیتهایی هستند که در آغاز نیز پراکندگی بسیار داشته اند.

جدا ماندن به راههای گوناگون صورت می گیرد. ممکن است، چنانکه در بعضی از جمعیتهای جزیره‌ها دیده می شود جغرافیایی باشد (صفحه‌های ۱۷ و ۱۸).

انواع خویشاوند که قلمروهایشان متداخل نیستند ، آلوپاتریک نامیده می شوند ، انواع خویشاوندی که قسمتی از قلمروهایشان متداخل است سیمپاتریک نام دارند . در هر دو نوع جمعیت نامبرده امکان جدایی‌وراثتی وجود دارد . این جدایی ممکن است شامل تفاوتهای رفتاری ، ریختی ، اکولوژیک یا فیزیولوژیک باشد و هر یک از اینها می تواند مانع جفتگیری شود . اگر هم‌جفتگیری کنند سدهای گوناگون درون سلولی یا مربوط به‌رشد ممکن‌است‌مانع باروری شوند یا دورگه های‌نماندنی ،ضعیف یا نازا به وجود آیند .

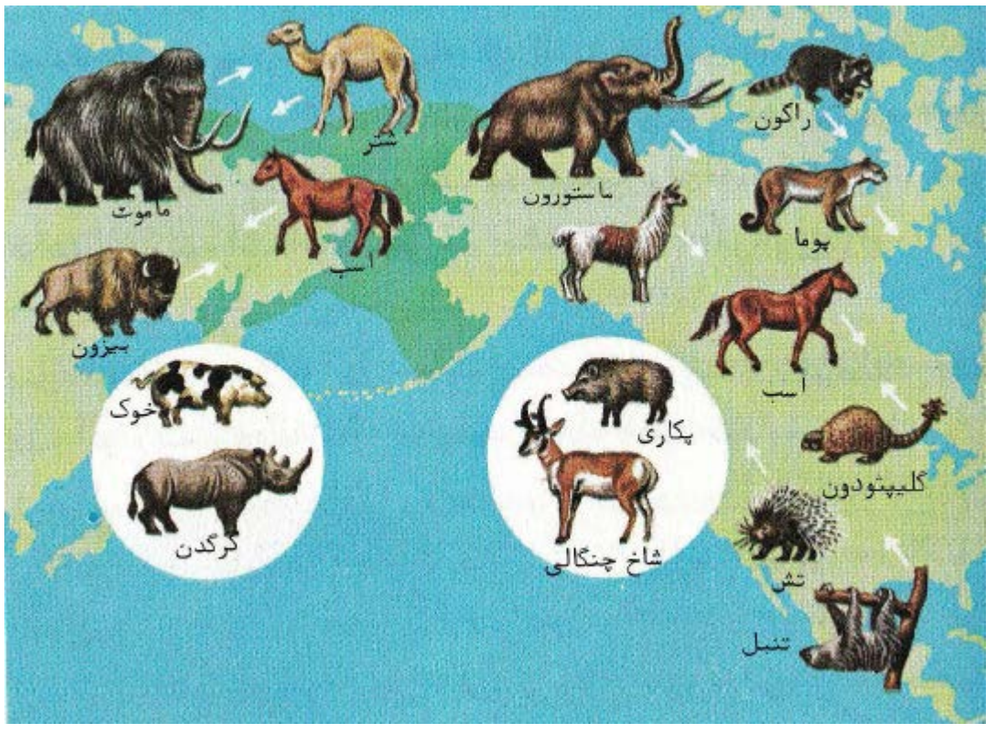
جدایی جغرافیایی در زیر به صورتی ساده نشان‌داده شده‌است : (۱) نوع گسترده ای بدون‌پیدایش تغییر جغرافیایی . (۲) در دوانتهای‌منطقه، گسترش جمعیتهای‌متفاوت به‌وجود می آیند . (۳) سد جغرافیایی نسبی به وجود می آید . (۴) سد مانع جفتگیری دو جمعیت می شود . (۵) تجمع تفاوتهای وراثتی چنان‌افزایش خواهد یافت که دو نوع متمایز به ـ وجودخواهد آورد که پس ازبرداشته شدن‌سدنیزمتمایزباقی‌خواهندماند .



مهاجرت انواع به ناحیه‌های جدید ممکن‌است‌باعث شودکه ،آن‌انواع در آن ناحیه ها برای همیشه سکونت یابند . اگر چند ناحیهٔ مختلف اقلیم و سرزمین بسیار شبیه داشته باشند ولی سدهایی مثل اقیانوسها ، بیابانها یا کوهها آنها را از هم جدا کنند ، امکان دارد که با گذشت زمان چند فردی

از این سدها بگذرند و در محیط جدید سکونت‌اختیار کنند .این افراد در حالی‌که از جمعیت اصلی جدا مانده اند با هم جفتگیری و زاد و ولد می‌کنند و ممکن است به نوع جدیدی تبدیل شوند .

بعضی‌از تغییرات‌بسیار بزرگ تاریخ حیات از طریق‌مهاجرت‌روی‌داده است . مانند اشغال شدن خشکیها به وسیلهٔ گیاهان و حیوانات .



مهاجرت بین قاره‌ای بعضی از پستانداران دورهٔ پلایستوسن دراین تصویر نشان داده شده است . آسیاو آمریکای شمالی بارها در محل‌تنگهٔ برینگ‌به هم متصل‌شدند و سپس جدا ماندند .

اثر "صافی‌مانند "این‌ارتباطات جزیره‌ای ، مسکن بعضی‌از پستانداران را (آنها که درون‌دایره ها نشان داده شده اند) به قارهٔ اصلی آنها محدود ساخته است .

انتخـــاب طبیعـــــی

انتخاب طبیعی دومین جزء مهم فرایند تکامل است . اگر جمعیتهای بزرگ به حال خود رها شوند تا آزادانه و به صورتی تصادفی جفتگیری کنند ، به سوی تعادل وراثتی خواهند رفت (صفحهٔ ۶۸) . انتخاب طبیعی نتیجهٔ تاءثیر همهٔ عوامل فیزیکی و زیست شناختی محیط است که به بر هم زدن این تعادل گرایش دارند و در خزانهٔ ژن جمعیت تغییر به وجود می آورند . انتخاب طبیعی به خودی خود تفاوت به وجود نمی آورد ، بلکه تفاوتهـای موجود را انتخاب می کند ، غربال می کند و حفظ می نماید . اجزای ارثی یک جمعیت تعیین می کنند که جمعیت چه می تواند بشود ، انتخاب طبیعی تعیین می کند که جمعیت چه خواهد شد . وراثت برای جمعیت امکانات بالقوه فراهم می کند ، انتخاب طبیعی آن امکانات را به عمل در می آورد .

عمل انتخاب طبیعی به این تمـایل همهٔ انواع بستگـی دارد که بیش از ظرفیت محدود محیط ، اولاد تولید می‌کنند . جانـــدارانی که سـازگاری بهتری با محیط دارند مدتی درازتر از آنها که سازگاری کمتر دارند زندگی می کنند و در نتیجه اولاد بیشتـری به وجود می آورند . جمعیت اولاد ، به‌نسبتی فرایندهٔ دارای افرادی خواهد شد که خصوصیت ارثـی مساعد را از والدین خود به ارث برده اند .

انتخاب طبیعـی ندرتا " به ـ صورت " تنازع " دو فرد رقیب برای " بقا " خود نمایی می کند . صید و رقابت مستقیم میان افراد فقط دو عامل از میان عوامل گوناگون مثل تحرک و

فک نر ضعیف ـ اولاد نمی آورد

فک نر نیرومند ـ اولاد بسیار می آورد

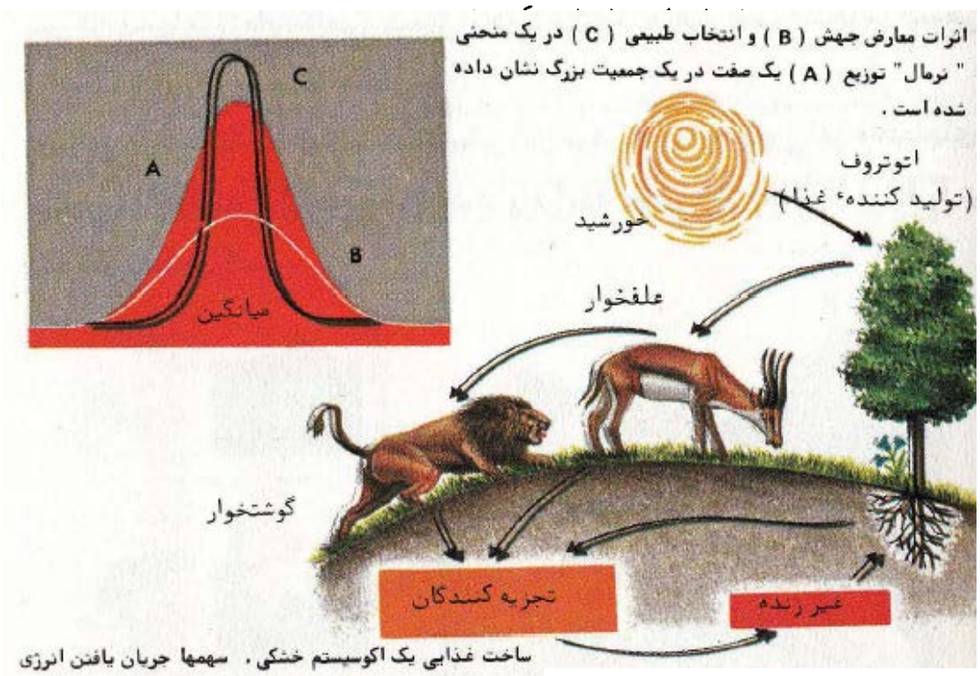
کارآیی ساختی و فیزیولوژیک بدن، مقاومت در برابر بیماری و نیرومندی جنسی اند.

انتخاب طبیعی تولید مثل افتراقی به وجود می آورد. و فقط از این نظر "بقای اصلح" شمرده می‌شود که افراد اصلح اولاد بیشتر به وجود می آورند. انتخاب طبیعی نه تنها خصوصیات دارای سازگاری کمتر را از بین می‌برد بلکه نتایج مثبت نیز به بار می آورد.

فشار انتخاب از فصلی به فصل دیگر و از نقطه ای به نقطهٔ دیگر متفاوت است. و تحت تاءثیر عوامل متغیری مثل اقلیم، میزان جمعیت، مقدار خوراک، و مهاجرت قرار می گیرد.

انتخاب طبیعی معمولا "به پایداری درازمدت نمی‌انجامد زیرا عدهٔ بسیاری از عوامل دچار تغییر مداوم اند و این تغییرات به وسیلهٔ تغییرات بزرگی چون اشغال محیطی جدید، جدا ماندن، یا پیدایش تغییر در جغرافیای یک ناحیه تشدید می شوند.

انتخاب طبیعی یکباره باعث تغییر صفتی نمی شود بلکه چون یک سلسله از "سازش" های دقیق، که بر یکدیگر اثر متقابل دارند بر کل



اثرات معارض جهش (B) و انتخاب طبیعی (C) در یک منحنی "نرمال" توزیع (A) یک صفت در یک جمعیت بزرگ نشان داده شده است.

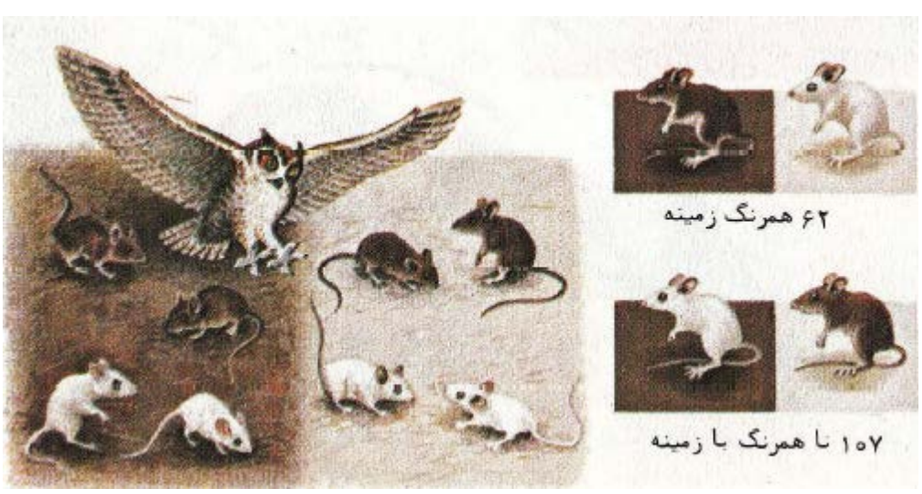
ساخت غذایی یک اکوسیستم خشکی. سهمها جریان یافتن انرژی و مواد را نشان می‌دهند. اجزای غیر جاندار، محیط ابیوتیک‌اند.

جاندار اثر می کند و عدهٔ بسیاری از خصوصیات متفاوت را تحت‌تاءثیر قرار می دهد. انتخاب طبیعی یک فرایند جمع شونده است، و اثراتش ممکن است درمدتی کوتاه قابل توجه (صفحهٔ ۸۹) و در مدتی دراز اثراتش بسیار بزرگ باشد.

سازگاری فزایندهٔ یک جمعیت به‌محیط زندگیش نتیجهٔ انتخاب طبیعی است. هرکنج معمولا" دراشغال یک‌نوع منحصربه فرد است ولی عدهٔ زیادی از انواع ممکن است ازطریق سازگاری به خوراکها یا مسکنهای مختلف در یک ناحیه گرد هم آیند. آنها که بهترسازگار شده اند اولاد بیشتری می آورند و صفات جمعیت اولاد را تدریجا" تغییر می دهند.

مدارک انتخاب طبیعی مدتی بعد از آنکه داروین تئوری‌خود را در کتاب اصل انواع بیان داشت به دست آمده‌اند. داروین انتخاب طبیعی را با انتخاب مصنوعی جانداران اهلی مقایسه کرده و علل احتمالی و اثرات آشکار آن را نشان داده بود.ولی خود فرایند نشان داده نشده بود. از آن پس بررسیهای آزمایشگاهی بسیار انجام گرفتند و طرز عمل انتخاب طبیعی و اثرات آن را روشن ساختند.

در این آزمایشها تلاش زیست‌شناسان این‌بود که مشابه بعضی از محیطهای طبیعی را بسازند و از هم مجزا کنند و فرایند های تاءثیرمتقابل آنها را بر یکدیگر تحلیل کنند.



۶۲ همرنگ زمینه

۱۰۷ نا همرنگ با زمینه

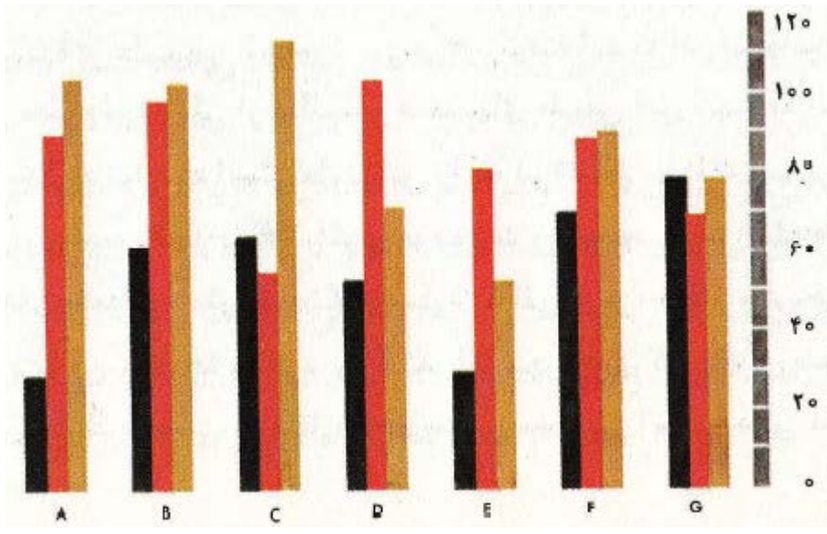
در موش و دیگر حیوانات وحشی ، تغییر رنگ غالبا "با رنگ نمایان زمینهٔ خاک یا گیاهان محل سکونت آنها ، بستگی نزدیک دارد . مثلا" در **فلوریدا ، موش گوزنی (پرومیسکوس ، نیکولاتوس)** برحسب محیط زندگی خود رنگهای حد واسطی میان رنگ روشن ماسه های مرجانی جزایر مرجانی و رنگ تیره، خاکهای تیره تر ناحیه‌های دور از دریا را نشان می‌دهد .

آیا این نتیجهٔ اثر انتخاب طبیعی است ؟

پژوهشگران با دو صنف دارای دو رنگ متفاوت ، خاکستری و نخودی به پژوهش پرداختند . دو زمینه با رنگهای متمایز در قفسی تاریک ترتیب دادند . خاک قفس کمابیش با رنگ گروههای موشها جور در می آمد .

هشت موش را ، که هر چهار تا از آنها از یک رنگ بودند ، به مدت ۱۵ دقیقه در معرض دید و دسترس جغد قرار می دادند و جای زمینه‌ها را در هر آزمایش با هم عوض می‌کردند . پس از ۸۸ " آزمایش " معلوم شد از موشهایی که " با زمینه جور نبودند " ۱۰۷ عدد و از موشهای هم رنگ با زمینه فقط ۶۰ عدد صید شده اند . این آزمایشها نشان می‌دهند که رنگ محافظ زمینه تا چه حد می تواند ، حتی در مدتی کوتاه عامل انتخابی نیرومندی باشد .

توانایی زنده ماندن هفت نژاد (A تا G) از دروزوفیلاهای هوموزیگوس دارای ژنهای زیان آور ، پیش از آزمایش زیر و بعد از آن . توانایی زنده ماندن به صورت درصد (%) توانایی زنده ماندن معمولی (۱۰۰%) نشان داده شده است. ستونهای سیاه نشان دهندهٔ توانایی زنده ماندن پیش از آزمایش است : ستونهای قرمز مربوط به آنهایی است که طی ۵۰ نسل تحت تاثیر اشعهٔ X قرار داده نشدند ، ستونهای سبز آنهایی را نشان می‌دهد که ۵۰ نسل متوالی تحت تاثیر اشعهٔ X قرار داده شده اند .

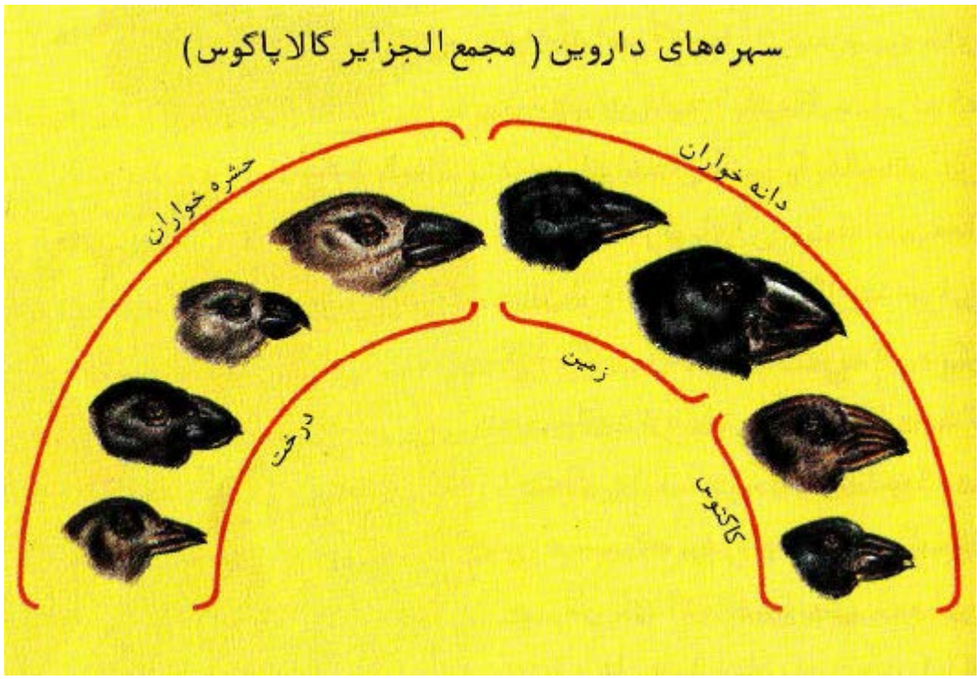


حیواناتی که سازگاری کم با محیط دارند درطبیعت به ندرت دیده می‌شوند، ولی اثر انتخاب طبیعی بر این گونه حیوانات را می‌توان درشرایط آزمایشی مشاهده کرد. **دابزانسکی و اسپاسکی** نمونه هایی از دروزوفیلاها را پرورش دادند که ازنظر هفت ترکیب کروموزومی مختلف هوموزیگوس بودند (A تا G) هریک از اینها صفتی غیرعادی داشت مثل تاءخیر رشد، یا بال، پاها وشکم غیرطبیعی ــ که باعث کاهش توانایی زنده ماندن می شد.

هریک ازگروهها را به مدت پنجاه نسل پرورش دادند وآنها را در شیشه هایی نگهداری می کردند ودر هر شیشه جمعیت انبوهی دروزوفیلا بود تا برفشار انتخاب طبیعی بیفزایند. در فواصل زمانی منظم از جمعیتها نمونه برداری کرده و کروموزومهای آنها را بررسی می کردند. در بیشتر موارد، کاهش سریع و آشکاری در فراوانی ترکیبهای زیان آور مشاهده گردید، در ضمن آزمایش، یک نمونه از هر گروه را تحت اثر اشعهٔ X قرار می دادند ولی تفاوت قابل توجهی به وجود نیامد.

از ۱۴ گروه، توانایی زنده ماندن ۱۱ گروه افزایش نمایان یافت. در ۲ گروه کاهش دیده شد و یک گروه تغییری نکرد. از گروههای گواه، که با جمعیتهای طبیعی نیرومندتر مخلوط نشده بودند، وضع ۸ گروه به نحو چشمگیری رو به بدی نهاد، ۶ گروه تغییری نکردند یا بهبود مختصر نشان دادند.

جمعیتهای طبیعی نیزمورد بررسی قرارگرفته اند تا اثر انتخاب طبیعی بر آنها معلوم شود. یکی از مثالهای جمعیتهای طبیعی این است که انتخاب طبیعی چگونه توانسته است تفاوتهایی را که در اقسام مختلف سهره های داروین درمجمع الجزایر گالاپاگوس موجودند، به وجود آورد (صفحهٔ ۱۷). سهره های معمولی، مثل گنجشک و سهرهٔ کاکلی قرمز، منقار مخروطی قوی دارند و با آن دانه ها را خرد می‌کنند. اما سهره های گالاپاگوس منقارهای گوناگون دارند، بعضی از منقارها نیرومند و مخروطی اند، بعضی دیگر



باریک اند و عده ای هم برای استفاده از غذاهای گوناگون سازگارشده‌اند .

احتمال دارد که این گوناگونی ، نتیجهٔ وجود بسیاری از کنجهای خالی اکولوژیک باشد که درموقع ورود نخستین سهره ها به گالاپاگوس در آنجا وجود داشته‌اند . افزایش تعداد پرندگانی که از مقدار محدودی دانه تغذیه می‌کردند ، فشاری برای انتخاب طبیعی فراهم کرده است که به نفع سهره‌هایی که توانسته‌اند از غذاهای جدید استفاده کنند تمام شده است . سهره هایی که روی زمین زندگی می‌کردند عادت دانه خواری خود را حفظ کردند ، اگر چه در بعضی از انواع تفاوتهایی در تناسب منقار وجود دارد و این ، ظاهرا" ، مربوط به نوع دانه‌ای است که ترجیح می دادند . سهره‌های دیگر به انواعی از غذاها و عادات روی آوردند که از خصوصیات انواع تیره‌های دیگر پرندگان در قارهٔ امریکای جنوبی بوده است . بعضی از آنها ساکن درختان شدند ، مانند انواع حشره ـ خواری که به پرندگان حشره‌خوار خوش آواز می‌مانند . و انواع دیگری که چون طوطی گیاهخوارند . بعضی دیگر در استفاده از کاکتوسها تخصص یافتند . یکی از انواع سهره‌های حشره خوار با

سهرهٔ ابزارگر
(آمارنینکوس پالیدوس)

می‌کند ولی چون مانند دارکوبها زبان دراز ندارد (صفحهٔ ۴۲) از تیغ کاکتوس برای بیرون آوردن حشرات از سوراخها استفاده می کند .

همهٔ سهره ها ازنظرهیئت‌کلی بسیار شبیه یکدیگرند و پرهای‌تیره دارند . احتمال دارد که این رنگ‌پر مربوط به وجود سنگهای‌تیرهٔ آتشفشانی باشد که بیشترجزایر گالاپاگوس را پوشانده است .

احتمال دارد که سهره‌های گالاپاگوس از یک‌نوع سهرهٔ امریکای جنوبی اشتقاق یافته باشند ، ولی‌در حال حاضر آنچنان‌ازهمهٔ‌سهره های موجود در قارهٔ امریکا متمایزندکه نمی‌توان‌اجداد آنها راشناخت .این تفاوت‌آشکارگویای‌آن‌است‌که سهره‌ها پیش از انواع دیگرپرندگان‌به جزایر گالاپاگوس رسیده اند . پرندگان‌دیگر خویشاوندنزدیکتر پرندگان‌قاره‌اند . احتمال دارد که سهره های‌اجدادی بر حسب تصادف ، و شاید به کمک جریانهای آب اقیانوس ، به این جزیره ها رسیده باشند . تصور اینکه جزایرگالاپاگوس قبلا" به قارهٔ‌امریکا متصل‌بوده‌اندبسیارغیرمحتمل‌است .

به طوری که **دیویدلاک** نشان داده‌است ، درجزایرکوکوس ، برخلاف سهره های‌گوناگونی‌که در گالاپاگوس وجود دارند ، تنها یک نوع سهره زندگی می کند ، حال آنکه در آنجا مسکن های گوناگونی وجود دارد و بسیاری از انواع دیگرپرندگان قاره در آنجا زندگی نمی کنند . ظاهرا" علت این تفاوت آن است‌که جزیرهٔ منفرد**کوکوس** فاقدجزایرکوچک ، یعنی محیطهای جدا از همی است که در مجمع الجزایرگالاپاگوس وجود دارند (به نقشهٔ صفحهٔ ۱۸ مراجعه شود) .

انتخاب طبیعی درحال عمل

بید خالدار (صفحهٔ ۴۸) نمونه ای است از یک نوع که در طول قرن گذشته با فراوان شدن قسم تیره رنگ (ملانیک) آن تغییرچشمگیر نشان داده است .

این بید را بسیاری از حشره شناسان آماتور بریتانیا دراوایل قرن نوزدهم می شناختند . تا سال ۱۸۴۵ فقط اقسامی از آن شناخته شده بود ، که "خالدار" بودند ، یعنی لکه‌های تیره‌ای روی زمینهٔ روشن بال خود داشتند . در آن سال یک نوع بید تیره رنگ در شهر صنعتی منچستر پیدا شد . در آن موقع عدهٔ بیدهای تیره کمتر از ۱٪ کل بیدها بود . در ظرف ۵۰ سال ۹۹٪ جمعیت بیدهای خالدار ناحیهٔ منچستر تیره شدند . در حال حاضر بید تیره در بیشتر ناحیه های انگلستان فراوان است ولی بید اولیهٔ خالدار فقط در ناحیه‌های غیر صنعتی ، یعنی در نقاطی فراوان است که آلودگی ، هنوز تنهٔ درختان ــ جای استراحت بیدها ــ را سیاه نکرده است . در بعضی از ناحیه‌های غیرصنعتی شرق انگلستان که دود مه بدانجاها می رسد نیز بیدهای تیره فراوانترند .

بررسیهای جدید در منچستر و دیگر شهرهای صنعتی که دستورهای سخت برای جلوگیری از آلودگی در آنجاها اجرا می شود ، نشان داده اند که گرایشی در جهت عکس فراوان شدن بیدهای تیره رنگ پیدا شده وافزایش کند و چشمگیری در عدهٔ بیدهای خالدار به چشم می خورد .

● (سیاه) بیدهای تیره فراوانترند .
● (خاکستری) جمعیت حدواسط .

پراکندگی بید خالدار در بریتانیا

● (قرمز) شهرهای عمدهٔ صنعتی
○ (سفید) بیدهای روشن فراوانترند .

ملانیسم صنعتی، (فراوانی اصناف دارای رنگ تیره) در ۷۰ نوع بید دیگر اروپا نیز دیده شده است. در ناحیهٔ **پیتزبورگ** ایالات متحده نیز وفورمشابه اصناف‌تیره، درقریب ۱۰۰ نوع بید مشاهده شده است.

علت ملانیسم صنعتی، تاءثیر متقابل‌یک‌ژن‌غالب، که جهش سیاهی تولیدمی‌کند، و انتخاب‌طبیعی‌است. **اچ. بی. دی. کت ول** اهمیت انتخاب طبیعی را با بررسی صید دو صنف از بید خالدار به وسیلهٔ پرندگان‌نشان داده است. وی عدهٔ معلومی از دو صنف بید دو ناحیه را علامتگذاری‌و آنها را در دو ناحیه رها کرد وعدهٔ باقیماندهٔ آنها را به وسیلهٔ روشن کردن‌ناحیه درشب وبه دام‌انداختن آنها معلوم‌ساخت. در ناحیهٔ‌صنعتی بیرمنگام که جمعیت محلی آنجا ۹۰ درصد تیره دارد، ۴۷۷ تیره و ۱۳۷ روشن را رها ساخت. پس از به دام انداختن آنها مشاهده کرد که ۴۰% تیره و ۱۹% خالدارند.

در ناحیهٔ‌ساحلی **دورست**، که آلوده نیست، ۱۰۰۰ بید از دو رنگ رها ساخت. پس از به دام انداختن آنها مشاهده‌کرد که ۶% تیره‌و ۱۲/۵ درصدخالدار بودند. در ناحیه‌های آلوده نسبت بید های تیره و روشنی که به دام افتادند ۲ بر ۱ بود ولی در ناحیه های آلوده درست عکس آن، یعنی ۱ بر ۲، بود.

در هر دو ناحیه، مشاهدهٔ دقیق و فیلمبرداری از پرندگانی که از روی تنهٔ‌درختان، بید صیدمی‌کردند، ثابت کرد که این نسبتها نتیجهٔ‌صید هر نوع بیدها به‌وسیلهٔ پرندگان است.

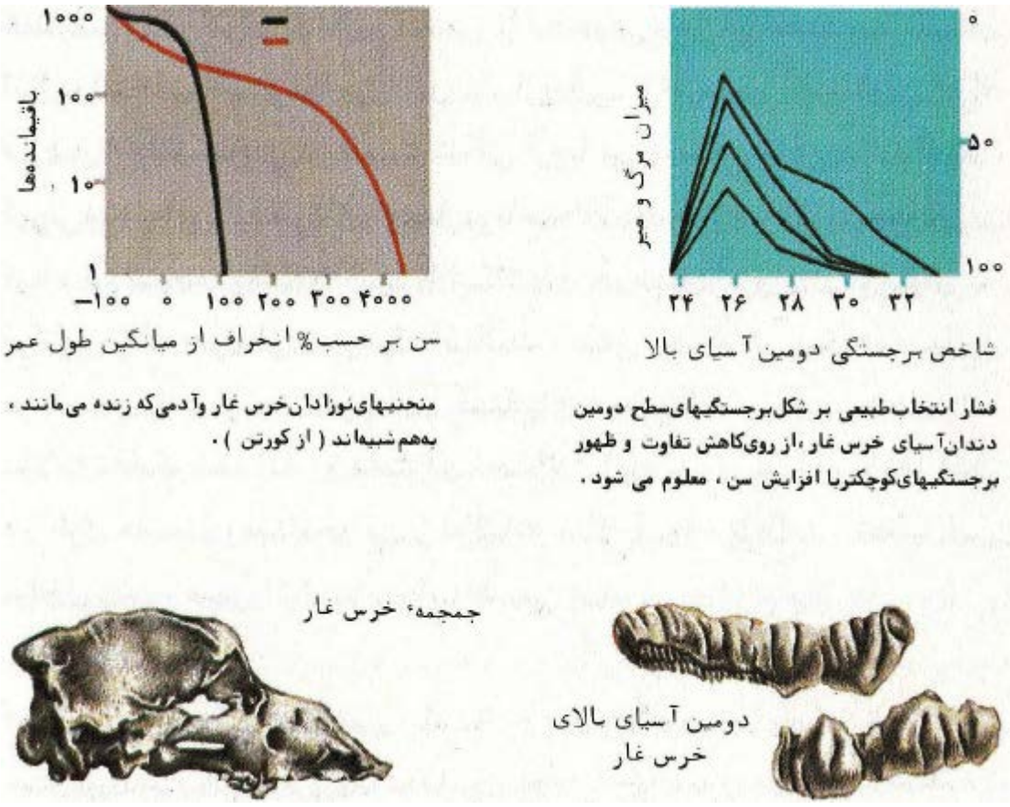
ناحیهٔ صنعتی

ناحیهٔ کشاورزی

فسیلها نیز اثرات انتخاب طبیعی را به خوبی نشان می‌دهند. ب. کورتن اثرات انتخاب طبیعی را بر خرس غار اروپایی (اورسوس اسپلئوس)، که در دورهٔ پلئیستوسن در قسمت شمالی اروپا می زیسته، نشان داده است. کورتن فسیلهایی از غارهای اودسا درناحیهٔ اتحاد جماهیرشوروی جمع‌آوری کرد، در نتیجهٔ مقایسهٔ آنها با اسکلتهای خرسهای امروزی (اورسوس ـ آرکتوس) که خویشاوند نزدیک آنهاست، موفق شد که هر جمعیت فسیل‌را بر حسب مراحل رشد تقسیم کند. فسیلهای همهٔ نقاط برحسب‌مراحل رشد سالانه تفکیک شده اند، و علت آن احتمالا" این بوده است که غارها فقط در طول مدت " زمستانخوابی " سالیانه مسکن آنها بوده اند. تحلیل‌این مراحل رشد، مبین اثرات انتخاب طبیعی است.

فسیل‌مراحل‌کودکی خرس غار، که به جثهٔ نوزادهای‌خرس‌امروزی‌باشدنادر است، علت آن احتمالا" تردی استخوانهای آنها بوده است. در فراوانترین مرحلهٔ رشد، همهٔ دندانهای‌همیشگی‌وجود دارندو این تقریبا" برابر ۴ یا ۵ ماهگی بچه خرسهای امروزی است. این نشان می‌دهد که در دورهٔ زمستانخوابی تولد صورت می‌گرفته است ولی مرگ و میر نوزادان‌درپایان‌این‌دوره زیاد بوده است. دورهٔ بعدی رشد ۱۶ ماهگی‌است که گویای "زمستانخوابی" سال بعد است. خرسها در ۴ سالگی به رشد کامل می رسیدند. میانگین طول عمر ۳/۵ سال و حداکثر آن۱۸ سال بود. اگر عدهٔ کل افراد دارای گروه سنی معین را به مجموع‌آنها و همهٔ‌افراد مسن‌ترتقسیم کنند شاخص مرگ و میر گروه به دست‌خواهدآمد.

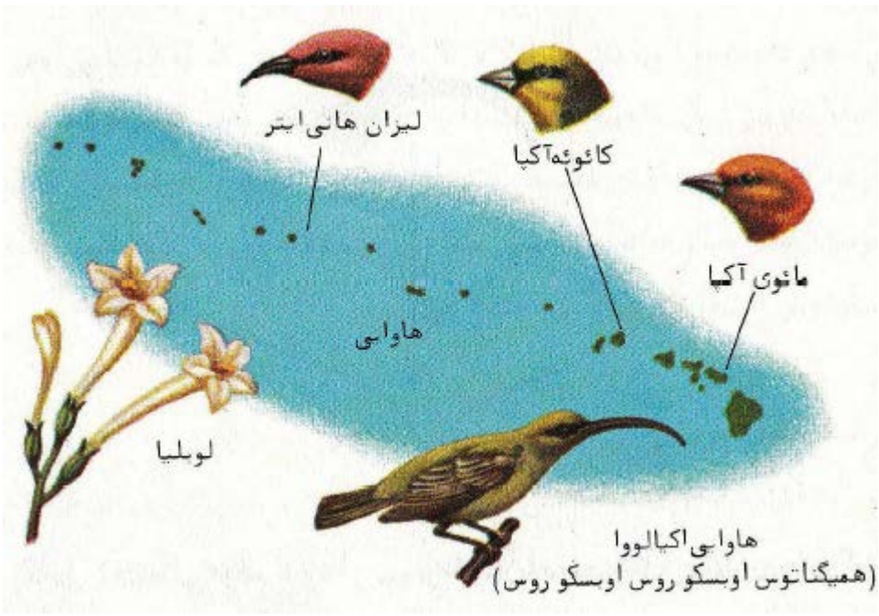
خرس غار دورهٔ پلئیستوسن



دندانهای خرسهای غار که فسیل آنها در دست است، به انتخاب طبیعی بسیار حساس اند زیرا بقای این حیوان به تغذیهٔ موفقیت‌آمیز پیش از زمستانخوابی بستگی داشته است. کورتن شکل‌دومین آسیا (M^2) را بررسی کرده است. وی در نسبت (درصد) درازی بزرگترین برآمدگی‌دومین‌دندان آسیا به درازی کل این دندان تغییرمحسوسی مشاهده کرد و متوجه شد که این نسبت با افزایش سن کوچک شده است. در جوانترها تفاوت بیشتری دیده می شد ولی آنها که دندانهایشان سازگاری کمتری داشتند از میان می رفتند.

اندازه گیری دندانهای مسن تران نتایج مشابه به دست داده اند. نمونه های حاصل از غارهای دیگر نتایج مشابه، نه نظیر، به بار آورده‌اند و معلوم داشته‌اند که فشار انتخاب طبیعی در کنجهای محیطی محل‌زندگی خرسها متفاوت بوده است.

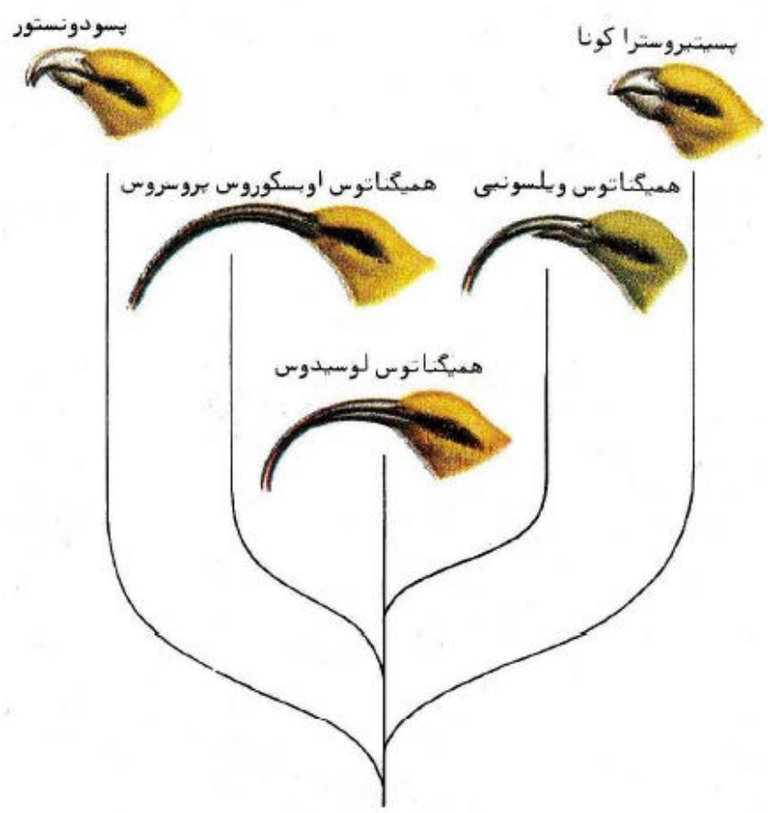
سازگاری جانداران به محیط زندگی خود حاصل انتخاب طبیعی است. بسیاری از جانداران با دقتی بسیار زیاد به کنجها یا شیوه های مخصوص زندگی سازگار شده اند. پرندگان هاوایی تصویر روشنی از چگونگی سازگاری یک گروه اجدادی به کنجهای مخصوص محیط جدید به دست می دهند. هاوایی ازگروهی جزیرهٔ آتشفشانی جدا از هم مرکب است که در وسط اقیانوس آرام قرار دارند. عدهٔ پرندگانی که وابستگی بسیار به خشکی داشته باشد در هاوایی، همانند دیگر جزایر واقع در اقیانوس، کم است. تخصص بسیار زیاد بعضی از پرندگان، آنها را نسبت به تغییر محیط آسیب پذیر ساخته است.



منقار داسیها، یا درپانیدیدها، تیره ای از پرندگانند که فقط در هاوایی یافت می‌شوند. این پرندگان چون سهره های داروین در مجمع ـ الجزایر گالاپاگوس (صفحهٔ ۸۸) به اوضاع وشرایط گوناگون سازگارشده ـ اند. ظاهرا" انواع اولیه از حشرات و نوش گلهایی تغذیه می‌کرده اند که جام لوله ای کوتاه داشته‌اند. احتمال دارد که منقار آنها کوتاه و باریک بوده‌است. انواع دیگری وجود دارند که به انواع گوناگون تغذیه سازگار

شده اند ، از آن جمله اند انواعی‌که منقار بسیار دراز و خمیده دارندواز نوش گلهای **لوبلیای هاوایی** تغذیه می‌کنندکه‌گلهای‌لوله‌ای‌دراز دارند .

بعضی‌از انواع منقار داسی در تصویر نشان داده شده اند . ۹ نوع از ۲۲ نوع‌شناخته شده‌درحال حاضرمنقرض شده اند .



تکامل احتمالی یک گروه از تیرهٔ درپانیدیدها از جدی مشترک ، که احتمالا " شبیه لوکسوپس ویرنس (صفحهٔ ۹۳) بوده ، در بالا نشان داده شده است . منقار درپانیدیدها به انواع گوناگون تغذیه سازگار شده است . همیگناتوس اوبسکوروس منقار درازش را بیشتر برای به دست‌آوردن حشرات در حفره های‌پوست‌درختان فرو می‌کند حال آنکه انواع دیگر ،ازمنقارداسی خود برای فرو کردن در گل لوبلیا و خوردن نوش استفاده می کنند . نوع همیگناتوس لوسیدوس که اکنون وجود ندارد ، آروارهٔ پائینی‌کوتاهی‌داشته . این آرواره در نوع همیگناتوس ویلسونی از این هم کوتاهتر است . پرندهٔ

اخیر از منقارش به سبک دارکوب ، چون اسکنه استفاده می کند . زبان دراز و لوله ای انواع حشره خوار ، نشان دهندهٔ اشتقاق آنها از انواع نوشخوار است . منقـار پسوادونستور به منقـار طوطی شبیه است و حال آنکه انـواع دانه خوار ، مثل پسیتی روستراکونا منقاری شبیه منقار سهره دارند .

تقلید از محیط درحشرات و دربعضی از گلها بالنسبه رایج است .این تقلید در حشرات ظاهرا" به خاطر دفاع و در گلها به جهت گرده افشانـی بوده است . اثر انتخاب طبیعی در تقلید از محیط از آنجا معلوم می شود که انواع مقلد فقط در ناحیه هایی وجود دارند که مدلهای آنها در آنجاها فراوانند . هر جا که مدلها فراوانند ، تقلید از آنها گوناگونی بیشتر نشـان می دهد ،توضیح آن فقط با این فرض داده می شود که با آشنایی کمتر صیادان با مدلها در این ناحیه ها ،انتخاب طبیعی فشار کمتری برای تقلید به وجود آورده است . پیدایش تقلید ناشی از ظهور" اتفاقی "جهشهای نظیر یکدیگر نبوده است بلکه حاصل تاءثیر متقابل یک عده ژن بر یکدیگـر بوده است که دستخوش انتخابی نیرومند شده اند .

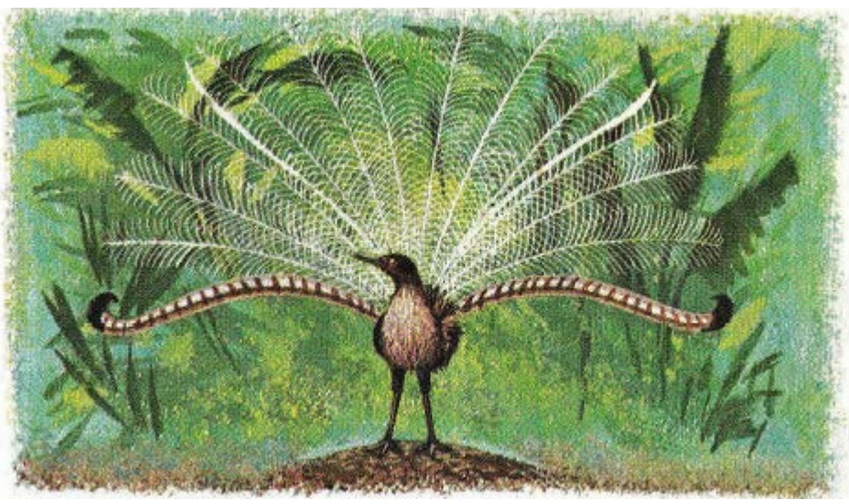
اوفریس اورکید و زنبور گرده افشان

اورکید کفش سرپایی اروپایی وخاور- میـانه ای ، عطری ترشح می کند که باعث جلب نوعی زنبور برای گرده - افشانی آن می شود . اورکیـــدهای خویشاوند آن مثل **اوفریس اورکیدها** گلهای درخشانی شبیه حشرات دارند که سبب جلب زنبورهای سبز می شوند .

حشرات شکلها ورنگهای گوناگونی پیدا کرده اند که موجب حفاظت آنها می-

شود. بید بی زیان معروف به "زنبور درشت" تقلیدی است از زنبور درشت نیش زن. کک درختی شکل مقابل شبیه تیغ شاخهٔ گل سرخ است.

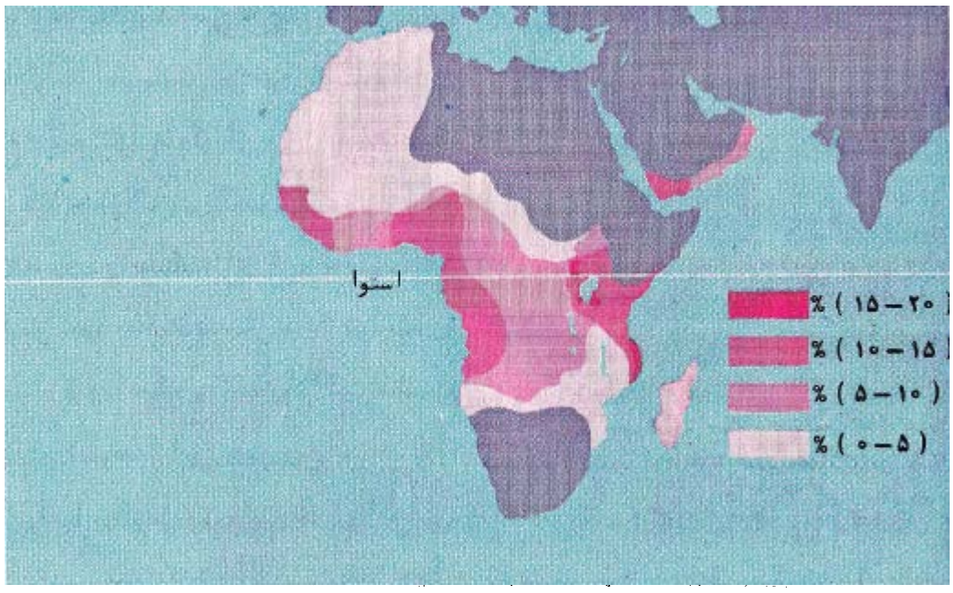
انتخاب جنسی مجموع صفات گوناگونی است که یکی از دو جنس، عموماً جنس نر، به وسیلهٔ آن جفت خود را جلب می‌کند و رقبای همجنس خود را می راند. از آنجا که انتخاب جنسی قدرت باردهی تولید مثل فرد را می‌افزاید، نوع مشخصی از انتخاب به حساب می‌آید. پرهای زیبا و آواز پرندگان، نمایشهای همسر طلبی، رنگ چشمگیرتر نرها، جثهٔ بزرگ و شاخ حیوانات گوناگون از صفاتی هستند که می‌توانند نتیجهٔ انتخاب جنسی باشند. اهمیت نسبی انتخاب جنسی به عنوان جزئی از انتخاب طبیعی هنوز روشن نیست. داروین معتقد بود که انتخاب جنسی اهمیت اساسی دارد ولی دانشمندان بعد از او در این زمینه اطمینان کمتری داشتند.



مرغ بربط نر زیبای استرالیا درحالی ایستاده است که پرهای زیبای دمش را به‌منظور نمایش همسرطلبی بازکرده است. رنگ جنس مادهٔ این پرنده شبیه رنگ نر است ولی فاقد پرهای تخصص یافتهٔ دم است. نرهای جوان

شبیه‌ماده‌ها هستند ،وهنگامی‌صاحب پرهای دم می‌شوند که سه سال‌ازسن آنها بگذرد .

هر نر قلمروبزرگی دارد و در سرتاسر ناحیهٔ قلمرو خود یک سلسله تپـــهٔ خاکی می‌سازد که قطر هر یک اندکی کمتر از یک متر است ،و در این‌قلمرو با سر زدن به تپه‌های‌خاکی و اجرای نمایش گسترش دم بر روی هر یک از آنها گردش می‌کند . نمایش با تولید آوازهایی آغاز می شود که شامل یک سلسله صداهای تقلیدی و صدا زدن است .

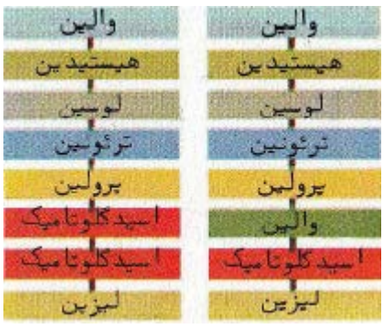


فراوانی یک ژن سلول داسی در افریقا به صورت‌درصد جمعیت‌درنقشهٔ بالانشان‌داده شده است .فراوانیهای‌بالا محدود به ناحیه های استوایی اند که در آنهامالاریای‌نوبه ای علت مهم مرگ است که تب آن دو روز در میان بروز می‌کند . در شمال و جنوب این کمربند مالاریا کمتر شایع است و خطر ندارد . نظیر این فراوانیهای بالا در ناحیه‌های مالاریاخیـــز سیسیل ، یونان ، ترکیه و هندوستان وجود دارد . (از الیسون)

اثرات آشکارانتخاب‌طبیعی به دلیل‌ساختهای اجتماع و الگوهای هوشمندانهٔ مراقبت خانوادگی ، تقلیل یافته است . با وجود این بسیاری‌از خصوصیات بدنی آدمی تحت تاٴثیر انتخاب طبیعی قرارگرفته است . بعضی تغییرات‌ژنها نیز اثرات آن را نشان می‌دهند .کم خونی با سلولهای‌داسی، بیماریی است که از یک ژن ناشی می شود . نشانهٔ آن تغییر شکل گلبولهای قرمز خون از صورت قرص معمولی به صورت داس است که جریان خون را در

مویرگها مانع می‌شود و با این‌عمل کم خونی‌به بار می آورد .گاه این بیماری در مبتلایانی‌که به تنگی نفس دچارند یا در ارتفاعات‌زیاد کار می‌کنند مرگ به بار می آورد . در شـرق و مرکز آفریقـا ، که مالاریا بیماری بـومی است، جمعیتهای‌دارای ژن داسی با فراوانی‌تعادلی ۲۰% بسیارند .درمیان‌اعقاب این مردم در ایالات متحده ، فراوانی کم خونی سلولهای داسی ، در طول دو قرن ، به ۹% کاهش یافته است . این کاهش چگونه حاصل شده است ؟

ژن سلولهای داسی ، چنانکه "ورنون اینگرام " زیست شناس نشـان داده است ، می‌تواند یکی‌از ۳۰۰ امینواسید مولکول‌هموگلوبین‌گلبول‌قرمز راتغییر دهد . در نقطـه ای از زنجیـر ۱۹ امینواسید مختلف‌سازندهٔ پروتئین، اسید گلوتامیک به جای والین‌نشسته است . نتیجهٔ این تعویض آن است‌که گلبولهای قرمز معمولی به شکل‌داس در می آیند .



اسیدهای امینه هموگلوبین‌سلولهای‌داسی — اسیدهای‌امینهٔ هموگلوبین طبیعی

ژنهای سلولهای داسی هتروزیگوس، در شـرایط عادی اثـرات نامساعد نسبتا " کم به بار می آورند ولی اگر هوموزیگوس باشند عوارض سخت‌تر را باعث‌می‌شوند و غالبا " موجب لخته شدن خون و مرگ زودرس می‌گردند.

اگرانتخاب‌طبیعی کارآیی‌دارد، چرا ژنهای‌سلولهای داسی‌هنوز باقی

مانده‌اند؟ از قرار معلوم هموگلوبین گلبولهای‌داسی‌شکل دربرابرآلودگی به انگل مالاریا (پلاسمودیوم) که از گلبولهای‌قرمز تغذیه می کند ، مقاوم است . بنا بر این وجود افراد هتروزیگوس از نظر سلولهای داسی ، به علت دارابودن مقاومت ، تعادلی انتخابی به وجود می آورد . افراد هوموزیگوس (که دوژن‌سلولهای‌داسی دارند) غالبا" می میرند . بین عدهٔ مردم‌فاقد ژن‌سلولهای داسی (افراد عادی)که از مالاریا می‌میرند وعدهٔ مردمی‌که دو ژن‌سلولهای‌داسی‌دارند و از کم‌خونی‌یا لخته شدن‌خون‌می‌میرند تعادلی به وجود می آید . در این‌مورد یک‌اثر ارثی‌ظاهرا "زیان‌آور به سبب سودهای فرعی خود حفظ می‌شود . در ایالات متحدهٔ عاری از مالاریا این بیماری ارزش بقا ندارد.

به طوری که دیده می شود ، انتخاب طبیعی موج خرد کننده‌ای نیست‌که کورکورانه موجب‌انقراض‌شود بلکه اثرات محیطی ناسازگار را با یکدیگرآشتی‌می‌دهد . انتخاب‌طبیعی متضمن عمل متقابل اثرات داخلی‌و خارجی به صورتی دقیق بر یکدیگر است .

حلقه‌های‌مفقوده (صفحهٔ ۵۳) **عمل انتخاب‌طبیعی را تائید می‌کنند و راه اثر آن را نشان می دهند . زمانی گفته می شد که انتخاب طبیعی نمی تواند چنان تغییرات پیچیده و استادانه ای به بار آورد که باعث دگرگونیهای بزرگ تکاملی مثل اشتقاق دوزیستیان‌از ماهیها ، یا پرندگان‌از خزندگان‌شود . حال آنکه فسیلهای حد واسط یا " حلقه های مفقوده"نشان می دهند که این فرایند چگونه روی داده است .**

یک دوزیستی به نام " لابیرنتودونت "یکی از اعقاب آن با باسکری به ساحل می رود .

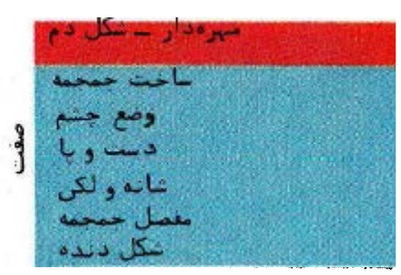
یک ماهی " **کروسوپتریژین** " دورهٔ دوونین با باله های ضخیم‌ار ساحل بالا می رود .

انتخاب طبیعی تصادفی ، بر اساس انتقادی‌که زمانی‌از آن می‌شدنمی‌ـ تواند سلسلهٔ تغییرات استادانه ای را موجب شود که بازوان خزندگان‌را تدریجا "به بال تبدیل‌کند و به آنها اسکلت تغییریافته و سبک ، پر و دیگر خصوصیات‌مشابه بدهد . و گمان‌می‌ـ کردند که هر یک از این تحـــولات کوچک ، مزیت‌خاصی نداشته ونمی ـ توانسته است‌تغییرات‌گوناگونی را که به نظـر آنها وابستـه به یکـدیگرو هماهنگ اند به بار آورد .

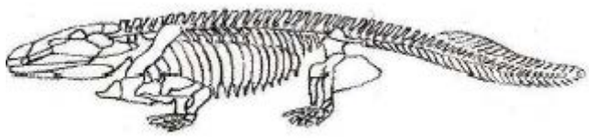
اما " ارکئوپتریکس " و دیگـر فسیلهای حد واسط(صفحه‌های ۵۳و ۵۴و۵۵) نشان‌می‌دهندکه‌یک‌تغییراز یک‌گروه‌بزرگ‌به‌گروه‌بزرگ‌دیگرفرایندی تدریجی بوده است ، نه جهش بزرگ یا پیدایش همزمان همهٔ خصوصیات گوناگون‌مشهود . بعضی ازخصوصیات " ارکئوپتریکس " مثل مغز ، چنگال، دندانها و استخـوان‌جناغ ساختـی ابتدایی‌داشتند ومانندهمین‌اعضای خزندگان بودند و حال آنکه‌بعضـی دیگر ازخصوصیات‌مثل پر و شکل‌کلی بدن‌کاملا "شبیه پرندگان‌بود . تکامل درهم‌آمیختهٔ‌موزائیک‌مانند ، درست همان‌چیزی‌است‌که اگرانتخاب‌طبیعی عامل موٴثر تغییـر بوده باشد ، رخ می دهد .

تکامل‌موزائیک‌مانند در " ایکتیو ستژـ یدها " که‌ازدوزیستیان‌ابتدائی‌دورهٔ دوونین بودند (صفحه‌های۱۰۴و۱۰۵) به خوبـی نشان داده است . ایـن حیوانـات بسیـاری از خصوصیـات ماهی مانند داشتند .

جدول زیر تحول خصوصیات ماهـی مانند به‌خصوصیات‌دوزیستی‌را نشان می دهد . در جدول خصوصیات‌کامل دوزیستی‌با ۱۰۰ امتیاز وخصوصیات کامل‌ماهی مانندی‌با صفرامتیازنشان داده شده است .

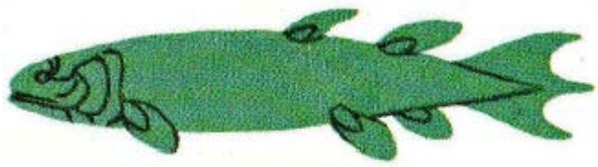


ایکتیوستگا یک دوزیست ابتدایی دورهٔ دوونین ، از شرق گروئنلند است ،به درازی درحدود ۹۰ سانتیمتر .تصویرحیوان بازساز شده‌ای را نشان می دهد .



استخوان بندی ایکتیوستگا ، احتمالا" بسیار شبیه اجدادی است که دوزیستیان از آنها اشتقاق یافته اند .

دیپلوورتبرون ،نوعی دوزیستی لابیرنتودونت است‌که در دورهٔ کربونیفر می زیسته و شباهت بسیار به ایکتیوستژیدها داشته است .



اوستنوپترون یک ماهی کروسوپتریژین دارای باله‌های ضخیم‌ازدورهٔ دوونین است که به ایکتیوستژیدها بسیار شبیه است .

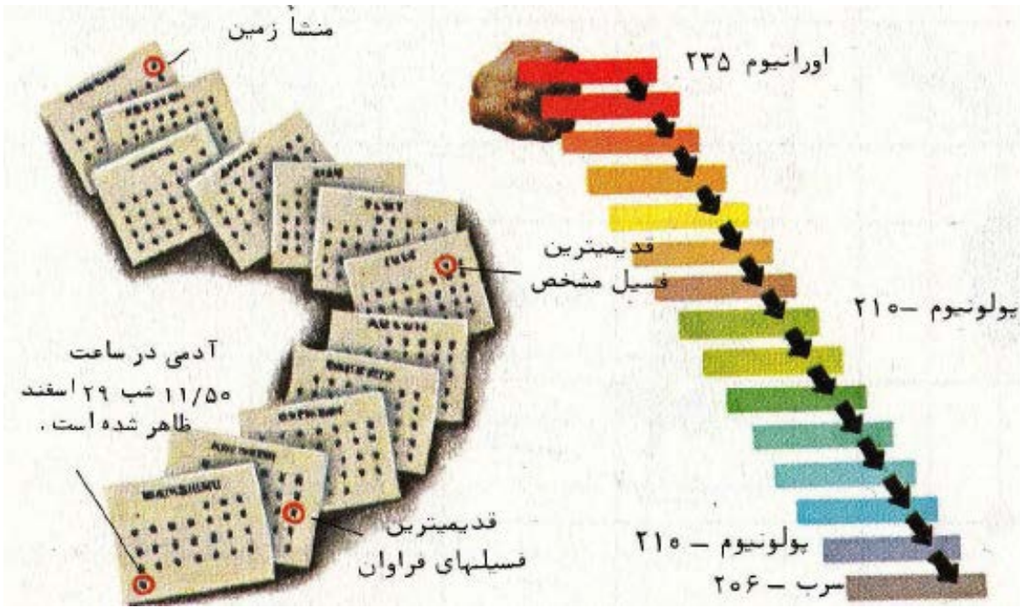
زمـــــان

زمان جزء نهایی دستورالعمل تکامل است. مخالفان پیشین تکامل بدین خشنود بودند که سن زمین، که کمتر از ۴۰ میلیون سال گمان می شد، کافی نیست که فرایند تغییر کند تکاملی را امکان پذیر سازد. تخمین آنها از سن زمین بر اساس سرعت سرد شدن زمین بود که تصورمی شد زمانی مذاب بوده است. اما پیدایش روشهای دیگر تعیین سن زمین، عمر آن را از این رقم بیشتر نشان دادند و استفاده از عناصر رادیواکتیو در حال حاضر معلوم کرده است که زمین احتمالا "قریب ۵ میلیارد سال سن دارد. این مدت برای وقوع تکامل کافی است. ترتیب دادن یک مقیاس زمان زمین شناسی، چشم انـدازی از سابقهٔ فسیلها را مجسم می‌کند و ترتیب و توالی انواع گوناگون آنها را آشکار می سازد.

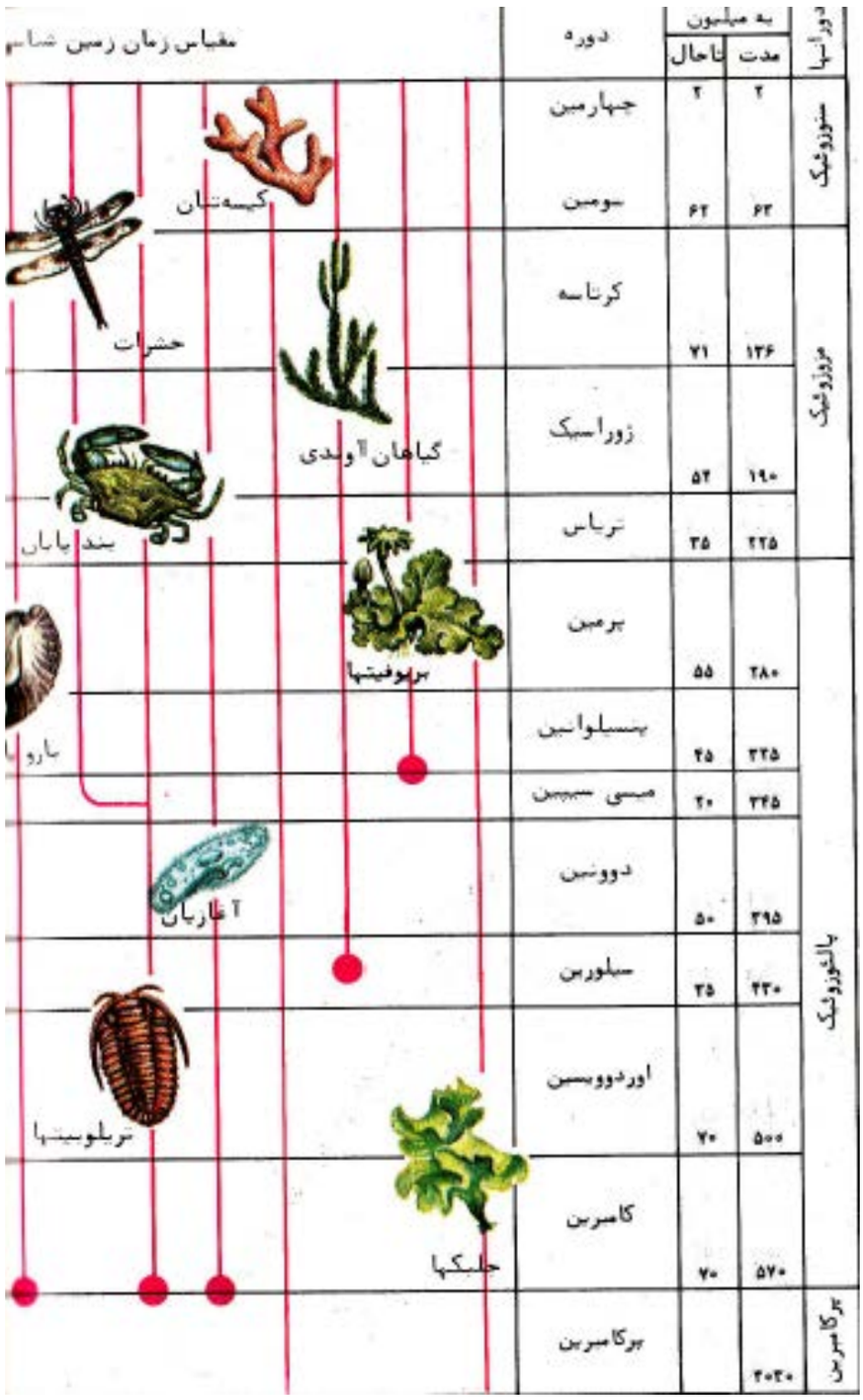
تشبیه کمکی است برای ارزیابی فواصل زمانی دراز مدتی که درتصویر نشان داده شده اند. فرض کنید تاریخ نویسی کیهانی تاریخ زمین را نوشته است و این کار را از روز خلقت زمین آغاز کرده و در هر هزار سال فقط یک سطر دربارهٔ زمیـن نگاشته است. اگر کتابهـای او به اندازهٔ همین کتابی بودند که دارید می خوانید، تاکنون ۹۴٬۰۰۰ کتاب نوشته شده بود.

عنصرهای رادیو اکتیو، مثل اورانیوم و رادیوم، هستهٔ اتمی ناپایداری دارند که خود به خود متلاشی می‌شودوباسرعت‌ثابتی‌که قابل‌اندازه‌گیری است به عنصرهای دیگری که پایدارتراند تبدیل می گردد. مثلا" اورانیوم یک سلسله عنصر " فرزند" به وجود می‌آورد و سرانجام به‌سرب و هلیوم تبدیل می گردد. یک گرم اورانیوم درهریک‌میلیون‌سال $\frac{۱}{۷۰۰۰}$ گرم سرب تولید می کند. این‌سرعت تحت تاءثیر هیچ گونه تغییری در حرارت‌وفشارقرارنمی‌گیرد. اندازه‌گیری نسبت اورانیوم " قدیمی " به سرب "جدید"،درکانیهای‌اورانیوم دار تعیین کنندهٔ سن سنگهایی است که حاوی آنها هستند.

عنصرهای‌رادیو اکتیو دیگری که در اندازه گیری سن سنگها به کار رفته‌اندعبارتنداز: سرب ـ توریوم، پتاسیم ـ آرگون، ایریدیوم ـ استرونسیوم و کربن. بررسی شهاب‌سنگها که ظاهرا" تکه های باقیمانده از ساخته شدن منظومهٔ شمسی اند، وسرعت‌انبساط گیتی، رقمی درحدود ۵ میلیارد سال را برای عمرزمین تاءیید می کند.

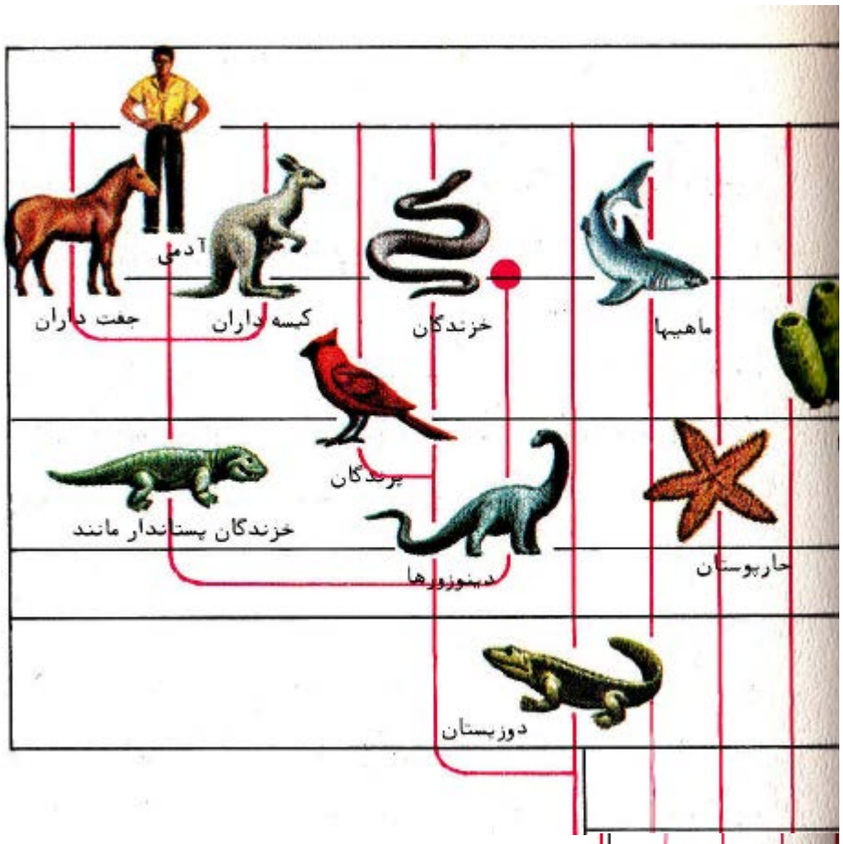


تغییر مقیاس تاریخ زمین به صورت مدل تقویمی یکساله که آغاز پیدایش



زمین در روز اول فروردین باشد و زمان حاضر در ۲۹ اسفند، هر ثانیه را معادل ۱۶۷ سال و هر دقیقه را معادل ۱۰٬۰۰۰ سال خواهد ساخت.

با این تقویم قدیمیترین فسیلهایی که بر سر آنها بحثی نیست در حدود دهم تیرماه ظاهر شده‌اند و قدیمیترین فسیلهای فراوان در ۲۷



آبان. آدمی در حدود ساعت ۵۰ : ۲۳ روز ۲۹ اسفند پیدا شده است، و همهٔ تاریخ ثبت شدهٔ آدمی در ۴۰ ثانیهٔ آخر سال روی داده است.

مقیاس زمان زمین شناسی، که از بر رسی سنگهای لایه ـ لایه و فسیلهای موجود در آنها ترتیب داده شده است، به چهار دوران تقسیم گردیده است :

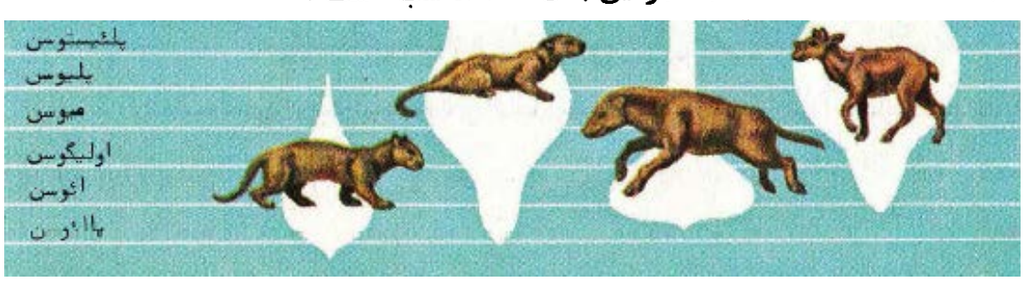
فسیلها فقط در سه دوران آخر فراوان بوده اند. نام بیشتر دوره ها از جاهایی‌گرفته شده است که سنگهای آن دوره، نخستین بار در آن جاها پیدا شده اند. بنا بر این از ماهی " دوونین " به همان گونه سخن می گوییم که از " معماری رومی ". وقتی توالی نسبی آنها شناخته شده باشد می توان هر دو را در یک مقیاس عددی زمان جای داد. پرکامبرین تقریبا " $\frac{۹}{۱۰}$ همهٔ تاریخ زمین را در بر می گیرد.

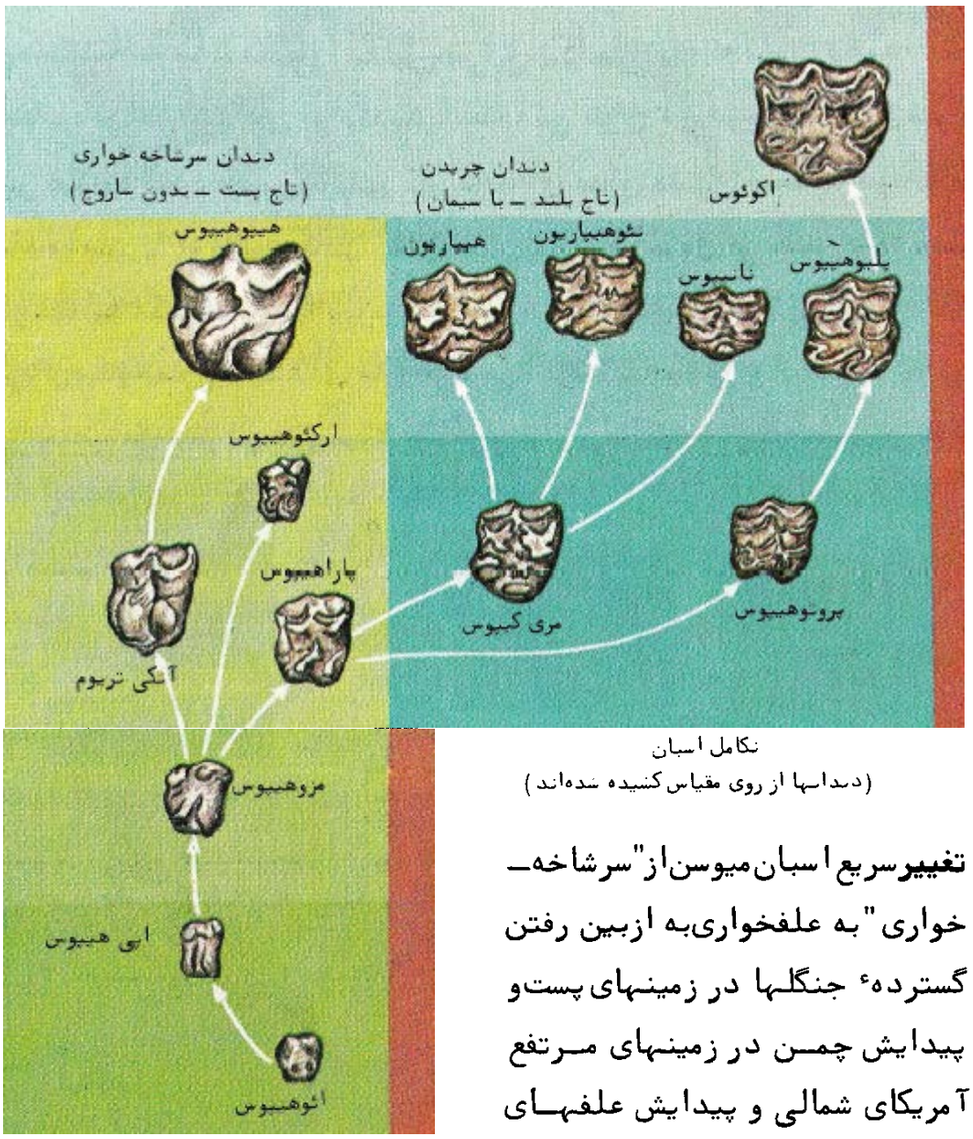
سرعت تکامل ازنوعی به نوع دیگربسیارمتغیراست .لینگولا ،که‌براکیوپود کوچکی‌است و در آبهای گرم و کم‌عمق زندگی می کند در طول ۴۰۰میلیون سال‌گذشته به ندرت‌تغییر کرده است ،و حال آنکه تنوع چشمگیر پستانداران در ۶۰ میلیون سال اخیر رخ داده است . ترتیب دادن مقیاس زمان زمین شناختی به ما امکان می دهد که این سرعتهای متفاوت را ، که به شیوه های گوناگون خودنمایی می کنند ، تحلیل و تفسیر کنیم .

در ساختها ، سرعت تغییر را می‌توان در بعضی از گروههای فسیل اندازه گرفت . در تکامل اسبهای اوایل دوران سوم ، تغییر اندازهٔ دندان آسیا فقط درحدود ۰/۱۵ میلیمتر در هر یک میلیون سال بوده است . این مقدار تقریبا" معادل قطر موی آدمی است . در بعضی از جمعیتهای اسبهاتغییراندازهٔ دندان۱۲برابراین بوده است .این‌گونه تغییرات کند را فقطازروی‌فسیلهامی‌توان‌مشاهده‌کرد.

تغییر انواع اسبهای دوران سوم ، از نوعی به نوع دیگر (صفحهٔ ۱۴۰) محاسبه شده و رقم ۵۰۰٬۰۰۰ سال به دست آمده است . بنا براین‌جای شگفتی نیست که با چنین سرعت کند ، موارد معدودی ازپیدایش انواع جدید در جمعیتهای امروزی دیده شود .این سرعتها برای عمل‌کرد مکانیسمهای " کند " تکاملی ، مثل انتخاب " تفاوتهای " کوچک‌زمان درازی فراهم می کنند .

جایگزینی اکولوژیک بعضی‌ازگروههای منقرض شده با گروههای مشابهی که عادات محیطی مشابه داشته اند ، گویای آن است که رقابت میان دو گروه دربعضی از موارد عامل‌انقراض بوده است . عرض هر ستون سفید در تصویر پائین با گوناگونی گروه متناسب است .



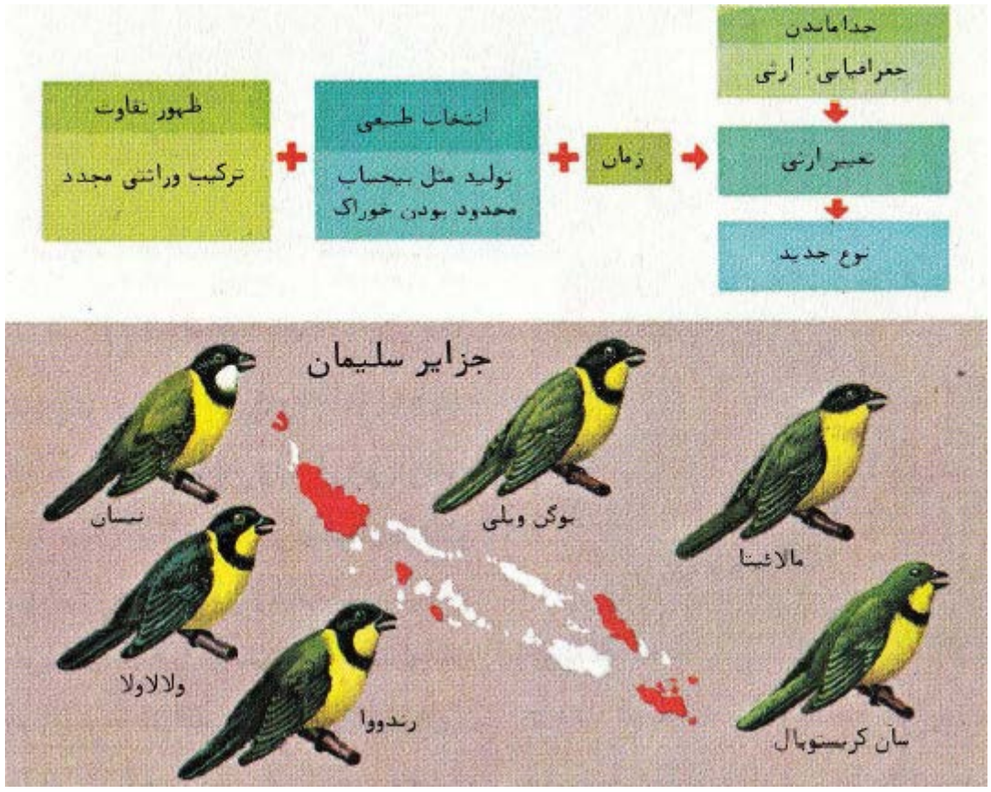


تکامل اسبان
(دندانها از روی مقیاس کشیده شده‌اند)

تغییر سریع اسبان میوسن از "سرشاخه‌خواری" به علفخواری به ازبین رفتن گستردهٔ جنگلها در زمینهای پست و پیدایش چمن در زمینهای مرتفع آمریکای شمالی و پیدایش علفهای فسیل مربوط است. این تأثیر متقابل ظاهرا" اهمیت انتخاب طبیعی را تأیید می کند.

الگوهای تغییر هنگامی دربعضی از گروهها آشکار می‌شوند که عامل زمان به حساب آید. تغییر سریع اسبان در دورهٔ میوسن نشان دهندهٔ تغییر عادت تغذیه از سرشاخه خواری به علفخواری است که مربوط به از بین رفتن جنگلهای زمینهای پست و پیدایش علفزارهای زمینهای مرتفع در امریکای شمالی و پیدایش علف می‌شود. این، ظاهرا" تأثیر متقابلی است که اهمیت انتخاب طبیعی را تأیید می‌کند. (صفحهٔ ۵۲).

یک‌نسخه یا دستورالعمل برای تکامل را، که نشان دهندهٔ اثر متقابل عوامل گوناگون بر یکدیگر است، می توان در هرجمعیت طبق‌نمودار زیر خلاصه کرد. چنین دستور کار ساده ای بدان معنی نیست که خودتکامل ساده است یا از الگوی کاملا "قابل پیش بینی‌ای پیروی می کند. بلکه مسئله درست به عکس است. تاٴثیرمتقابل این فرایندهای‌گوناگون بریکدیگر، نظام پویای‌بینهایت پیچیده ای به وجود می آورد. پیچیدگی و استعداد نوآوری فرایندتکامل، هر دو به وسیلهٔ گوناگونی فراوان‌موجودات‌زنده‌تعیین‌می‌شوند.



تکامل همچنان ادامه دارد. بسیاری از نژادهای جغرافیایی‌بالقوه انواع جدیدی هستند که در حال به وجود آمدن‌اند. جدایی مداوم، نژادهای " صفیر زن طلایی " جزایرسلیمان را، که همه به یک‌نوع یعنی‌نوع "پاکی سفالاپکتورالا "تعلق‌دارند، احتمالا" به انواعی تبدیل‌خواهد کرد که جدا از هم تولید مثل خواهند کرد.

جهشها در فرایند تکامل مهم‌اند، اگرچه عدهٔ زیادی از آنها در

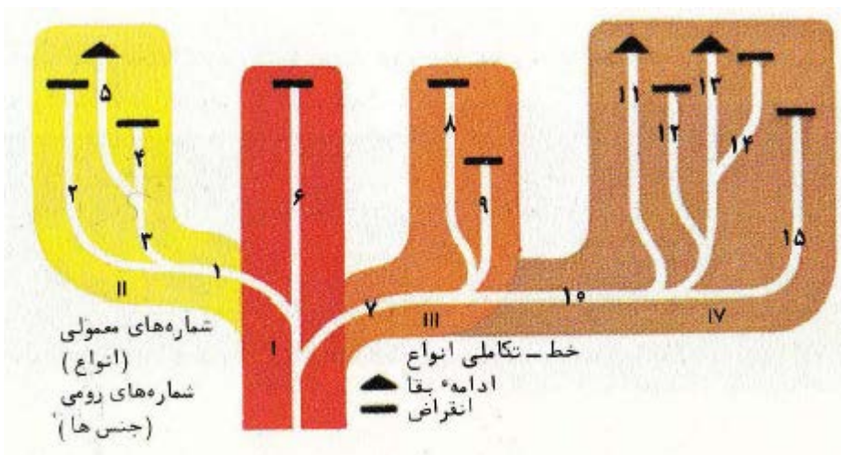
تغییر رنگ سمورها نتیجه جهش است

جمعیتهای امروزی زیان آور به نظر می رسند . در جمعیتی که به محیط مخصوصی سازگاری کامل یافته است، سودمندترین جهشها غالبا" ازپیش برای سازگاری به کار گرفته شده‌اند . از این گذشته جهشهایی که اثرات نمایان کمتر دارند ، فراوانند .

همهٔ صفات زیان آور ازخزانهٔ ژن یک جمعیت حذف نمی شوند . انتخاب همیشه حدوسط را می‌گیرد. خصوصیات زیان آور نیزممکن است اثرات فرعی سودمند داشته باشند. (صفحهٔ ۹۸) حفظ این گونه ژنها، مخزنی ازتغییرات بالقوه فراهم می‌سازد که امکان دارد در صورت تغییر اوضاع محیط اهمیت اساسی داشته باشد.

عواملی که باعث تولید انواع جدید می شوند ظاهرا" برای تولید همهٔ تغییرات تکاملی دیگر نیز کافی اند. بعضی ازموءلفان به تکامل خرد وتکامل کلان اشاره کرده‌اند ،ولی این دوگونه تکاملی تفاوت اساسی ندارند . تولید فزایندهٔ انواع جدید به پیدایش جاندارانی می‌انجامد که ما بعدا" در جنس و گروههای بزرگتر رده بندی می کنیم .

جدا شدن اعقاب ازجمعیتهای اجدادی بر اثر گذشت زمان ،تفاوتهای جغرافیایی موجود میان نژادهای معاصر را ، چنانکه در زیر نشان داده شده است ، تشدید می کند .

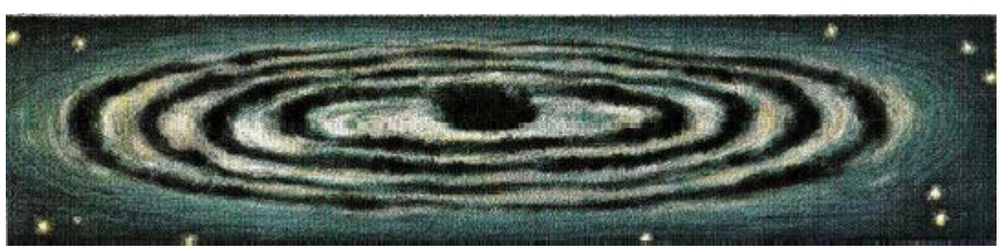


راهی که تکامل پیموده است

از تکامل جهان پیش از پیدایش حیات بر روی زمین ، مدارک ناچیزی دربارهٔ فرایندهای دست اندر کار آن بر جای مانده است .اما در این تکامل مولکولهایی بسیار کوچکتر از مولکولهای تکامل آلی به کاربوده‌اند و نتیجهٔ فرایند ، به وجود آمدن اجسام دارای ابعاد بسیار بزرگتر ، مثل ستارگان و کهکشانها ، بوده است .مادهٔ اولیه احتمالا" از ذرات ریز اتمی ،مثل نوترون و پروتون و الکترون ، بوده که بعدا" هیدروژن را به وجود آورده اند .بیشتر مادهٔ بخشی از گیتی که دیده می‌شود ظاهرا" از هیدروژن است که تنها یک پروتون دارد .عنصرهای سنگینتر ،احتمالا" در نتیجهٔ فرایند به دام انداختن نوترون از هیدروژن تولید شده اند . هر نوترونی که اضافه می شد ،ایزوتوپ جدیدی تولید می کرد .

فرایندی که موجب شد هیدروژنها توده شوند و اجسامی چون ستارگانی را که در آنها تولید عناصر به وقوع پیوسته است به وجود آورند ، همچنان موضوع تحقیقات نظری است . امکان دارد فرایند پیوسته ای باشد که در آن هیدروژن جدید دائما" در حال تولید است .نظر دیگر این است که انبساط ظاهری گیتی ممکن است نتیجهٔ " انفجار بزرگی "باشد که رویداد منفرد خلقت در ۵ تا ۱۰ میلیارد سال پیش بوده است .امکان دارد که گیتی حرکاتی تپشی داشته باشد و گسترش فعلی ،انقباضی به دنبال داشته باشد . فرض" انفجار بزرگ " در حال حاضر دارد مورد توجه قرار می گیرد .

زمین و بقیه منظومهٔ شمسی احتمالا" از توده شدن ابری از گرد و غبار کیهانی منشاء گرفته است . ساختهای زمین این فکر را به ذهن راه می دهند که زمین از مواد سرد ساخته شده است نه مواد مذاب .



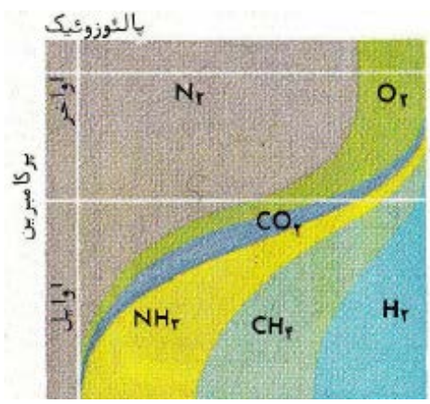
زمین اولیه که حیات روی آن پدیدار شده محیطی بوده که با محیط امروزی آن تفاوت بسیار داشته است. بررسی سه رشته مدرک این فکر را پیش می‌آورد که اتمسفر اولیه زمین احتمالا" از هیدروژن و هلیوم و متان و امونیاک مرکب بوده است. اتمسفر کنونی، حاوی نیتروژن و دی اکسید کربن و اکسیژن، بعدا" به وجود آمد.

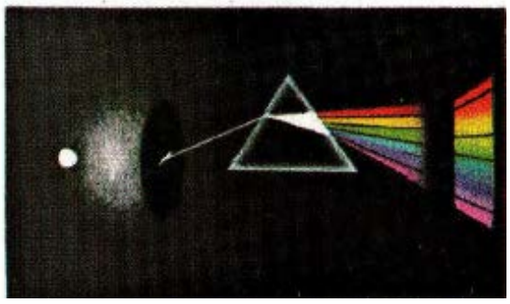
شهابسنگ ۳۴ تنی از گروئنلند

شهابسنگها ظاهرا" موادی از "باقیمانده های "زمان ساخته شدن منظومهٔ شمسی اند. تجزیهٔ شیمیایی آنها نشانی از" ترکیب حجمی "زمین را فراهم می سازد. بیشتر شهابسنگها از آهن ـ نیکل یا مواد " سخت " ساخته شده اند. در معدودی از آنها (مثل کوندریتهای کربن دار) مواد کربن داری دیده می شود که منشاء غیر زمینی دارند.

تجزیهٔ طیفی نوردیگر سیارات نشان می دهدکه شش عنصر" اساسی"موجود در جانداران گسترش فراوان دارند. هیدروژن، اکسیژن، کربن و نیتروژن از فراوانترین عنصرهای منظومهٔ شمسی اند. گوگرد نهمین عنصر و فسفر شانزدهمین عنصر است. از اینجا نتیجه گرفته می شود که این عنصرها احتمالا" در زمین اولیه وجود داشته اند.

اتمسفر سیاراتی که بیش ازهمه از خورشید دورند احتمالا" کمتر ازهمه تغییر کرده است. در اتمسفر آنها





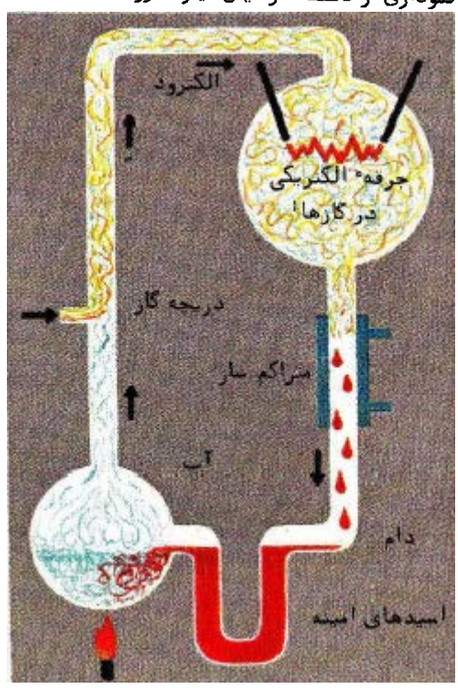
هیدروژن ، هلیوم ، متان (CH_4)و درمشتری و زحل امونیاک (NH_3) هست . فکر تغییرات احتمالی اتمسفر زمین (صرفنظر از آب) ، تا حدودی بر اساس مقایسه با این سیارات پیش آمده است .

پیدایش حیات می‌بایست بعد از به وجود آمدن پروتئینها در نتیجهٔ ترکیب شدن امینو اسیدها ـ اجزای پروتئینها ـ روی داده باشد . آزمایش " استانلی‌میلر" و " هارولدیوری " یک راه احتمالی وقوع آن را در زمین اولیه نشان می دهد .

امونیاک ، متان ، هیدروژن وبخار آب را باهم درسیستم بسته‌ای به جریان انداختند و آنها را تحت اثرتخلیهٔ الکتریکی قرار دادند . پس از چند روز در آبی که در دستگاه جمع شده بود مخلوطی از امینواسیدها پیداشد، امکان دارد که اثرات تخلیهٔ الکتریکی بر اتمسفر اولیه موجب ساخته شدن مولکولهای مشابه ، از موجودات غیر جاندار باشد .

سنتز غیر آلی موادی مثل هیدراتهای کربن و اسیدهای نوکلئیک نیز نشان داده شده است . احتمال دارد که این مواد مرکب به علت نبودن اکسیژن آزاد و جانداران ، روی زمین محفوظ مانده باشند .

نمودار ار دستگاه آزمایش میلر- یوری



همهٔ موجودات زندهٔ امروزی ، برای به دست آوردن غذا ، مستقیما " یا غیر مستقیم به گیاهان وابسته اند . جانداران اولیه احتمالا " از طریق فرایندهای "تخمیرمانند " از "سوپ " آلی به وجود آورندهٔ خود " تغذیه می کردند " .ولی این منبع غذایی محدود بود . تغییراتی که به وسیلهٔ

تابشهای خورشید و اثرات جانداران اولیه در اتمسفر زمین داده شد، محیطی به‌وجود آورد که مقدار زیادی نیتروژن و دی‌اکسیدکربن داشت. این تغییرات احتمالا" مکانیسمهای دیگر تغذیه را که شامل سنتز مولکولهای پیچیده تر بودند، پیش بردند. فرایند دقیق‌تر فتوسنتز، که درجریان آن نورخورشید انرژی لازم برای تبدیل دی اکسید ـ کربن اتمسفر به هیدرات‌کربن را فراهم می سازد، بعدا" ظاهر شد. فتوسنتز اکسیژن آزاد می‌کند، بنا براین اتمسفر اولیه به محیطی تبدیل شدکه به جای احیا کردن اکسیژن می داد.

تولید مثل از آنجا آغاز شدکه توده‌های مولکولهای درشت به وسیلهٔ "کاتالیزر خود به خود"، همانند سازی کردند، در این فرایند مولکولهایی، مثل پروتئینها، که از نظر الکتریکی فعال‌اند، توانستند قطره های کوچکی از توده های کلوئیدی ته نشین سازند که قادر بودند به غشای سطحی تبدیل شوند.

هنگامی که مقدار اکسیژن فزاینده در اتمسفر به ترازی رسید که تنفس را امکان پذیر ساخت، پرتوهای روی بنفش تابشهای خورشید که آسیب رسان بودند، در نتیجهٔ تولید شدن اکسیژن آزاد و پیدایش لایهٔ " اوزون " در اتمسفر، کمتر به سطح زمین رسیدند. اشغال آبهای سطحی به وسیلهٔ موجودات زنده و بعدا " اشغال خشکیها به وسیلهٔ آنها به کار آبی روزافزون غربال " اوزون " وابستگی یافت. ظهور "ناگهانی " حیوانات بی مهرهٔ سخت پیکر در اوایل دورهٔ کامبرین، نشانه ای از توسعهٔ لایهٔ " اوزون " است، که محیطی محافظ به وجود می آورد.

فسیلها مبنای شناخت ما از تاریخ حیات و مسیر تکامل اند. فسیلها بقایا یا نشانه های حیوانات و گیاهان ماقبل تاریخ اند که در سنگهای قشر زمین محفوظ مانده اند. فسیلها اقسام گوناگون دارند و به وسیلهٔ فرایندهای گوناگون به وجود آمده اند ولی احتمال اینکه همهٔ جانداران به صورت فسیل باقی بمانند کم است. از این رو آنچه از فسیلها دربارهٔ تاریخ حیات عاید می شود بسیار ناقص و بالنسبه غیر مستقیم است.

شناخت مسئلهٔ اخیر در تفسیر فسیلها مهم است. مثلا "جانورانی که اعضای سخت را فاقدند به ندرت به صورت فسیل پیدا شده اند. به همین دلیل آثار اولیهٔ پیدایش حیات، بخصوص بسیار کم است.

حیوانات و گیاهان کامل بسیار به ندرت به صورت فسیل باقی مانده اند. ماموتهای پر پشم به بلندی ۳ متر که در سیبری و آلاسکا پیدا شده اند، از حیواناتی هستند که بر اثر سرمای زیاد محفوظ مانده اند.

طرح پیکربعضی از اعضای‌جاندارانی که در گل نرم مدفون شده اند ، گاه به‌صورت ورقهٔ نازکی‌ازکربن‌باقیمانده است ، اما اجزای بسیار لطیف بدن آنها به وسیلهٔ حرارت و فشار درون سنگها از میان رفته اند . مانند آثار برگهاو تریلوبیتها .

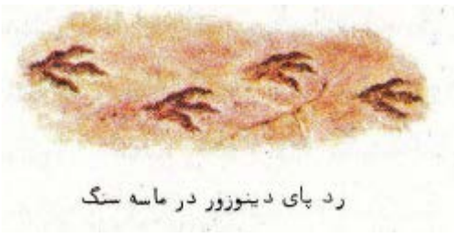
بیشتر فسیلها چیزی‌جزاعضای‌سخت حیوانات و گیاهان ، مثل صدف استخوان ، دندان و چوب ، نیستند در معدودی‌ازاین مواردا‌عضای‌سخت تقریبا" تغییر نیافته باقیمانده‌اند ، ولی‌معمولا" شسته و برده می شوندو جای قسمتی‌یا همهٔ آنها را کانیهای دیگر ، بخصوص سیلیس (SiO_2) یا کربنات کلسیم ($CaCO_3$)می‌گیرد . گاه کانیهایی که جای اعضا را می گیرند ساخت‌دقیق میکروسکوپی آنها را حفظ می کنند ، مانند بعضی از چوبهای‌سیلیسی شده ،ولی‌تشکیل این‌نوع فسیلها امری‌غیرعادی‌است.

نقشها و قالبهای حیوانات و گیاهان ممکن‌است‌هنگامی‌درسنگهای‌متخلخل باقی‌مانند که اجزای اولیهٔ پیکر آنها

حل گردند و برده شوند. درنتیجهٔ این عمل،حفـره ای باقی می‌ماند که ممکن است بعدا" از کانی جدیدی ، که به صورت محلـول در آب‌بدانجا می رسد ، پر شود و قالبی پر،از طرح پیکر جاندار به وجود آورد .

تبر دستی ماقبل تاریخ

نقب ،رد ، جای پا نیز ممکن است‌در رسوبات‌نرمی که بعدا "به‌صورت‌سنگ سخت می شوند ، باقی بمانند .



رد پای دینوزور در ماسه سنگ

مصنوعـات‌سنگی از بقایای معمـولی آدمیـان ماقبـل تاریخ اند ،و نشان دهندهٔ ابزارهاوسلاحهای‌گوناگون‌اند.

قدیمیترین‌فسیلهایی که در سنگهـا پیدا شده اند ، درحدود ۲/۷ میلیارد سال قدمت دارند و شامل گیاهان ساده ای چون جلبکهای آهکساز، باکتریها و قارچها هستند .بقایـای گوناگون آلی امینواسیدها نیـز در این سنگهای قدیمی شناخته شده اند . فسیلهایی از حیوانات که به خوبی حفظ شده اند در سنگهای ۶۰۰ میلیون سال پیش پیدا شده اند .

کولونیهای میکروسکوپی جلبکها معلق به ۱/۶ میلیارد سال پیش در سنگهای آتش‌زهٔ اوتاریو

قدیمیترین‌گیاهان درسنگهای‌سیلیسی امریکـای‌شمالی ، افریقا و استرالیا حفظ شده‌اند و قدمت آنها بین۲ تا ۳ میلیارد سال است . این گیـاهان شامل جلبکهـای رشته ای و کـروی‌و باکتـریها و دیگـر جانـداران میکروسکوپی‌اند که رده بندی آنهـا آسان نیست . بعضی از آنها بسیـار شبیه‌انواع‌امروزی‌اند .فسیلهای‌دیگر

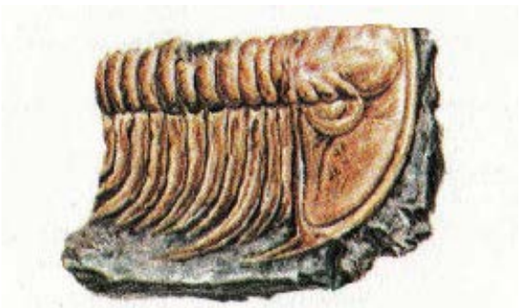
فسیلهای پرکامبرین

کرم بندبند : اسپریگ جینا فلاوندری ۴ سانتیمتر

عروس دریایی مدوزیان ماوسونی
در حدود ۲۵ سانتیمتر

پرکامبرین که گسترش بیشتری‌دارند، مواد آلی مخصوصی هستند که ازنظر نور شناختی‌فعالند و گمان می رودکه از بقایای جانداران باشند .

استرماتولیتها ، که‌در سنگهای پرکامبرین فراوانند ، کروی و ورقه ــ ورقه‌اند ،و قطر آنها از ۳۰ سانتیمتر متجاوز است ، در سنگهای آهکی پیدا شده اند . از رسوباتی که جلبکهای آبی ، سبز آهکساز ترشح کرده اند .



اوبلالا ، براکیوپود کامبرین زیرین ، در حدود ۲/۶ میلیمتر

قدیمیترین حیوانات در " ادیکارا " در جنوب استرالیا ، درون سنگهای پرکامبرین‌که در ۱۵۰ متری‌زیرسنگهای‌کامبرین‌قرار گرفته‌اند ، پیدا شده اند . اینها حیواناتی هستند که بدنی نرم دارند و شامل عروس دریایی ، کرمهای بندبند ، پر دریایی و بعضی از حیواناتی هستند که خصوصیات ناشناخته‌ای دارند . حیوانات‌اولیه ، به‌خلاف‌گیاهان‌اولیه که ساده اند ، ساختمانی بالنسبه پیچیده دارند و نشان می‌دهند که تاریخی‌طولانی‌راپشت‌سرگذاشته‌اند.

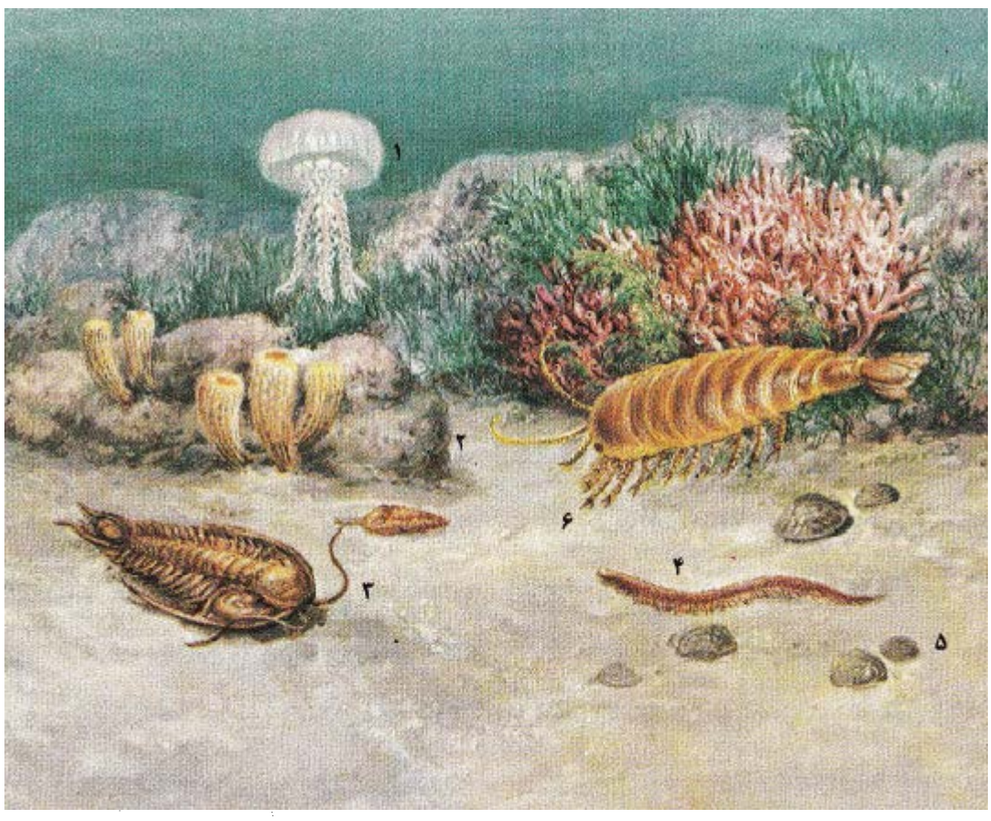
ظهور " ناگهانی " فسیلهای حیوانی در حدود ۶۰۰ میلیون سال‌پیش ، یکی از مسائل مهم تکاملی است . و موجب اظهار نظرهای گوناگون شده است :

(الف) هیچ حیوانی در پرکامبرین وجود نداشته است ، (ب) در پرکامبرین حیوانات گوناگون وجود داشته اند ولی فاقد اعضای سخت بوده اند و در نتیجه فسیلی از آنها باقی نمانده است ، (ج) حیوانات فسیل شدهٔ پرکامبرین بر اثر تخریب و دگرگونی از بین رفته اند ، (د) حیوانات پرکامبرین به ناحیه های جدا از هم پر اکسیژن محدود بوده اند ولی تاکنون کشف نشده اند یا به صورت فسیل مکشوف نگشته اند .

هیچیک از نظریه‌های بالا را نمی‌توان نادرست به حساب آورد . تنوع یافتن حیوانات اوایل کامبرین به مدت ۳۰ میلیون سال طول کشیده است و بنابراین به راستی " ناگهانی " نبوده است . احتمال دارد که حیوانات در اواخر پرکامبرین به وجود نیامده باشند ، و انواع قدیمیتر آنها بدنی نرم داشته اند و چندان پراکنده نبوده اند . و ظهور گستردهٔ انواع سخت تن آنها ممکن است نشانهٔ پاسخ آنها به تغییر محیط ، مثل ترکیب هوا یا قطع تابش پرتوهای روی بنفش باشد (صفحهٔ ۱۱۲) . این ظهور گسترده ، احتمالا " سریع بوده است زیرا بسیاری از محیطهای مناسب برای زندگی حیوانی " خالی " بوده اند و فشاری که انتخاب طبیعی پس از پیدایش اعضای سخت در هر گروه ، به افراد دیگر گروه وارد می آورده ، قوی بوده است .

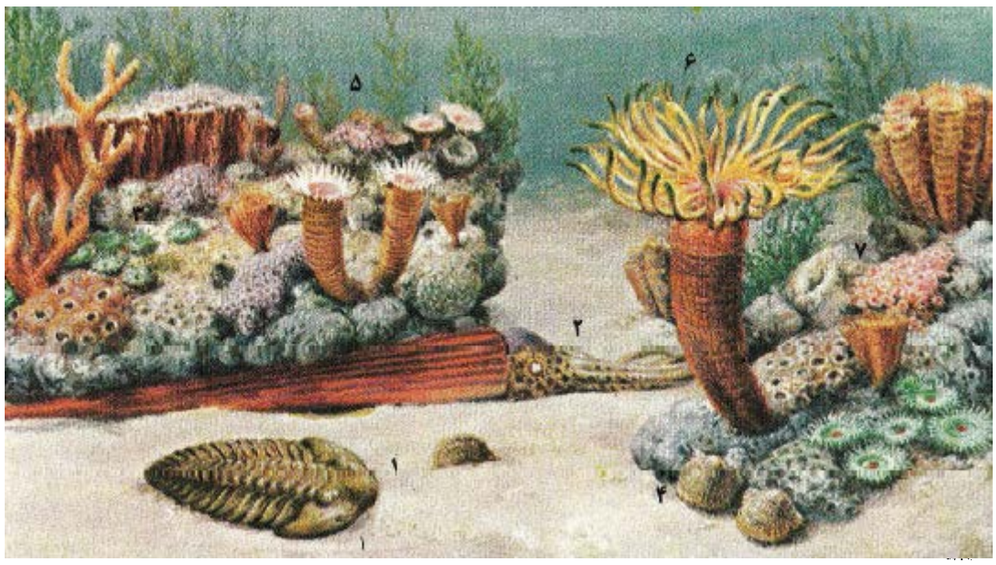
بی مهرگان دریایی از مشخص ترین حیوانات دوره های کامبرین ، اوردوویسین و سیلورین بوده اند که بر روی هم ۲۰۰ میلیون سال طول کشیده اند . اگرچه قطعاتی از مهره داران در سنگهای اوردوویسین پیدا شده اند ولی تا دورهٔ دوونین نادر بوده اند . قدیمیترین بی مهرگان (صفحه‌های ۱۱۶ و ۱۱۷) شامل عروس دریایی ، پر دریایی ، و کرمهای بند بند بوده اند ولی در دورهٔ کامبرین تریلوبیتها ، که از بند پایان منقرض شده اند ، فراوان بوده اند . اسفنجها ، حلزونها ، خارتنان و براکیوپودهای دوکفه‌ای شاخدار در دریاهای کم عمق فراوان بوده اند . در دورهٔ اوردوویسین ، مرجانها ، بریوزوئرها (حیوانات خزه مانند) ، و بسیاری از انواع جدید براکیوپودها و تریلوبیتها ظاهر شده اند .

آغازیان نادر بوده اند. سرپایان اسکوید مانند، که درازی آنها ۴/۵ متر بود، به ظهور پیوستند. در دورهٔ سیلورین، اوریپتریدها که بند پایانی به درازای ۱/۸ متر بودند، در دلتاها و خلیجهای دهانه ای می زیسته اند.



نجسمی از دریای کامبرین مبانی براساس نمونه هایی که در بوگس شیل کولومبیای بریتانیا پیدا شده اند: (۱) عروس دریایی، (۲) اسفنج، (۳) تریلوبیت، (۴) کرم، (۵) براکیوپود، (۶) بندپای کزنویود.

در دورهٔ اوردوویسین، نمونه هایی از همهٔ شاخه های امروزی بی مهرگان و تقریبا" همهٔ رده ها وجود داشته اند. از آن پس الگوهای اصلی گروههای بی‌مهرگان دریایی کمتر دستخوش تغییر شده اند. معدودی ازگروههای بزرگ منقرض شده‌اند و ناحیه های جغرافیایی و محیطهای گوناگون دارای مجموعهٔ حیوانات مختلف گشته‌اند. و جنسها و انواع الگوهای متفاوت تغییر و انقراض نشان داده اند.



یک‌صخرهٔ مرجانی دورهٔ دووسن: (۱) تریلوبیت، (۲) سفالوپود، (۳) تریوزوئن، (۴) مرجان، (۵) مرجان، (۶) مرجان، (۷) مرجان.

حیوانات اوایل پالئوزوئیک به شیوه های‌مختلف زندگی‌سازگاریهای فراوان نشان داده‌اند. در میان‌آنها انواع ثابت‌ساکن‌ته دریا مثل‌مرجانها و براکیوپودها، وانواع‌سرگردان‌ساکن ته دریامثل‌ستارهٔ‌دریایی و حلزون، و انواع شناگر مثل سرپایان‌و اوریپتریدها، وانواع آزاد شناور مثل عروس دریایی، وجود داشتند.

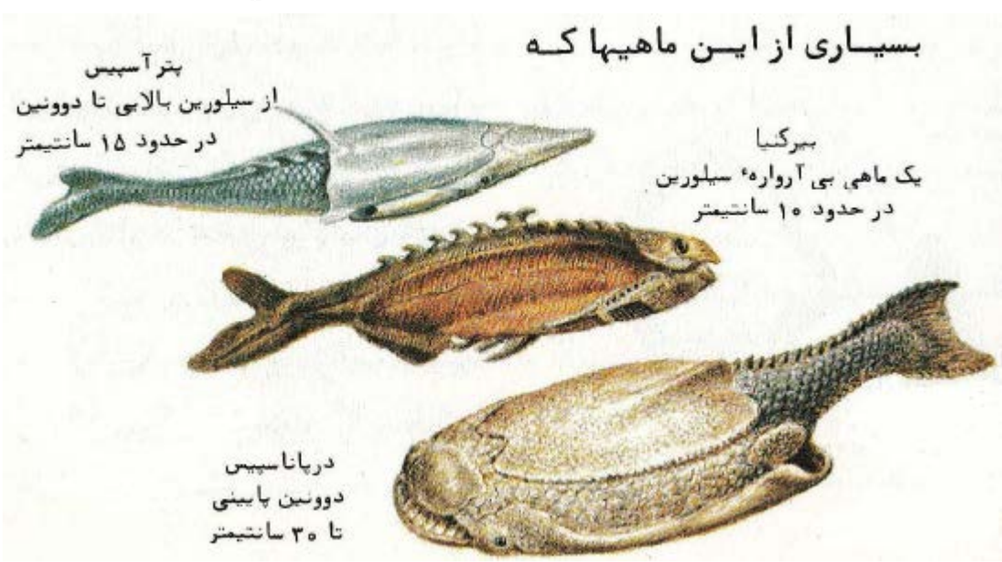
گوناگونی سرپایان‌در عادات تغذیهٔ آنها بود. فیتوپلانکتونها که بسیاری ازبی‌مهرگان‌دریایی‌امروز ازآنهاتغذیه‌می‌کنند، اعضای‌سیلیسی و آهکی‌سخت داشتند. از این انواع دراوایل‌پالئوزوئیک‌شناخته‌نشده‌اند، شاید به این علت که پیشگامان آنها بدنی‌نرم داشته اند. اعضای سخت بی مهرگان اوایل پالئوزوئیک‌از کانیهای گوناگون ساخته شده است، که در بیشتر بی‌مهرگان کامبرین از مواد فسفات دار، سیلیسی و کیتینی بوده‌است، ولی‌در دورهٔ‌اوردوویسین کربنات‌کلسیم‌قسمت اعظم صدفها را تشکیل می‌داده است. از مفهوم این تغییر زیست‌شیمیایی اطلاع چندانی در دست‌نیست. ترکیب‌اولیهٔ صدفها غالبا" به وسیلهٔ تغییری که درضمن فسیل شدن آنها روی‌داده دگرگون شده‌است (صفحه‌های۱۱۴و۱۱۵).

قدیمیترین مهره‌داران آثاری از ماهیهای زره دارند که در سنگهای دورهٔ اوردوویسین در " وایومینگ " و جاهای دیگر پیدا شده اند. بقایای فسیل شدهٔ ماهیها تا اواخر سیلورین کمیاب‌اند ،ولی در طول دورهٔ دوونین متنوع و فراوان می شوند.

منشاء مهره داران روشن نیست. مهره داران به شاخهٔ کورداتا تعلق دارند. در این شاخه جاندارانی وجود دارندکه ستون‌مهره‌ندارند (کرمهای بلوطی ،آب پران دریایی ، لانسلت ، و خویشاوندان آنها) ولی به جای‌آن یک تیرهٔ پشت نگهدارنده و نیز خصوصیات دیگر مهره داران" عالی " را دارند. نوزاد کرم بلوطی‌شباهت‌چشمگیری با نوزاد خارتنان دارد و این فکر را به ذهن راه می‌دهدکه این دو گروه ازجدمشترکی‌که ناشناخته‌است اشتقاق یافته اند.

بی‌آرواره ها (آگناتا) که ابتدایی‌ترین‌گروه ماهیهاهستند ،امروزه‌فقط شامل"هاگ‌فیش "و" لامپری" اند. آگناتا آروارهٔ واقعی وباله‌های‌جفت که وجه مشترک‌بیشترماهیهای‌امروزی است ، ندارند.

قدیمیترین‌وگوناگونترین‌ماهیان‌اولیه بوده‌اند زرهی استخوانی‌داشته‌اند. درازی این ماهیهـــا که نامشـــان " اوستـــراکودرم " (دارای پوســت استخوانـــی) بود به زحمـت از ۳۰ سانتیمتر تجاوز می کرد.



این ماهیها بیشتر در جویبارهاو خلیجهای دهانه‌ای زندگی می‌کردند و از گلها یا مواد معلق ته آب تغذیه می نمودند. در سنگهای جدیدتراز دوونین شناخته نشده اند، علت‌آن احتمالا" نرم بودن بدنشان بوده است ــ مثل‌نمونه های زندهٔ آنها.

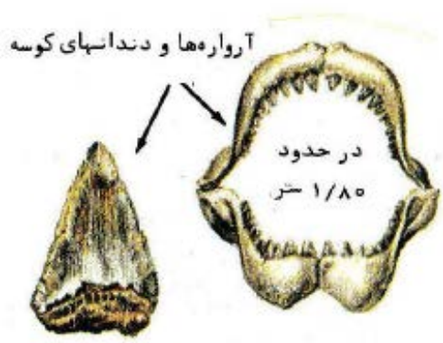
کلیماتیوس، که از اواخرسیلورین‌تا دوونین‌می‌زیست، گونه‌ای" اکانتودین "تیغ‌دار بودکه پولکهایش لوزی شکل بودند. دو تیغ در پشت و ۵ جفت بالهٔ شکمی داشت.

زره پوستان یا پلاکودرمها (از اواخر سیلورین‌تا پرمین) تنها ردهٔ مهره‌ــ دارانندکه‌منقرض‌شده‌اند. دردوونین به حد اکثر گسترش رسیدند ولی در سنگهای جدیدتر دوران پالئوزوئیک کمیاب شدند. تفاوت پلاکودرمها با آگناتا در این‌است که باله‌های‌جفت و آرواره های ساده داشتند واین خصوصیتی است که در تنوع بعدی مهره داران اهمیت داشته است.

دانکلوستئوس یک" آرتروديز "دریایی بود که گردنی مفصل دار داشته و طولش به ۹ متر می رسیده و بزرگترین مهره دار در دورهٔ دوونین بوده است.

کلادوسلاش کوسه ای متعلق به اواخر دورهٔ دوونین بوده که بدنی دوکی شکل و برهنه داشته است. درازایش به ۱/۲۰ متر می رسید.

پلاکودرمها، هم شامل انواع آبهای شیرین بودند و هم انواع دریایی، مثل " آرتروديز " که گردن مفصل دار داشته و درازایش ۹ متر بوده است. " آکانتودیان "تیغ دار جثهٔ کوچک داشته و در آب شیرین زندگی می کرده است، " آنتیارک" دارای بالهٔ محکم و زرهٔ حجیم بوده



دندان کارکارودون، کوسهٔ ۱۲ تا ۱۵ متری دورهٔ میوسن.

کوسه ها و سفره‌ماهیها به "کوندریکتیسها" تعلق دارند. که رده ای است صیاد، دارای اسکلت غضروفی‌وشکافهای‌آبششی‌باز.کوسه‌ها سازگاریهای‌بسیار با زندگی‌در پهنهٔ اقیانوس دارند، مثل‌شکل‌دوکی‌بدن، دندانهای محکم و پولکهای تیغ دار پوست. درازی بعضی از کوسه ها به ۱۵ متر می رسد. قدیمیترین‌کوسه‌ها که در دوونین ظاهر شده ساکن‌آب شیرین بوده است. لقمه ماهیها و سفره ماهیها که به خاطر سکونت‌در ته دریا پهن اند دندانهای‌مسطحی دارند که صدفها را با آنها به‌خوبی له می کنند.

فقدان‌زرهٔ‌استخوانی‌وپیدایش آرواره و باله های خم شوتر، مزیتی برای کوسه ها و ماهیهای‌استخوانی در برابر اجداد پلاکودرمها بوده است. دندانهای‌جدا از هم وتیغها بیشتر به صورت‌فسیل پیدا شده‌اند.

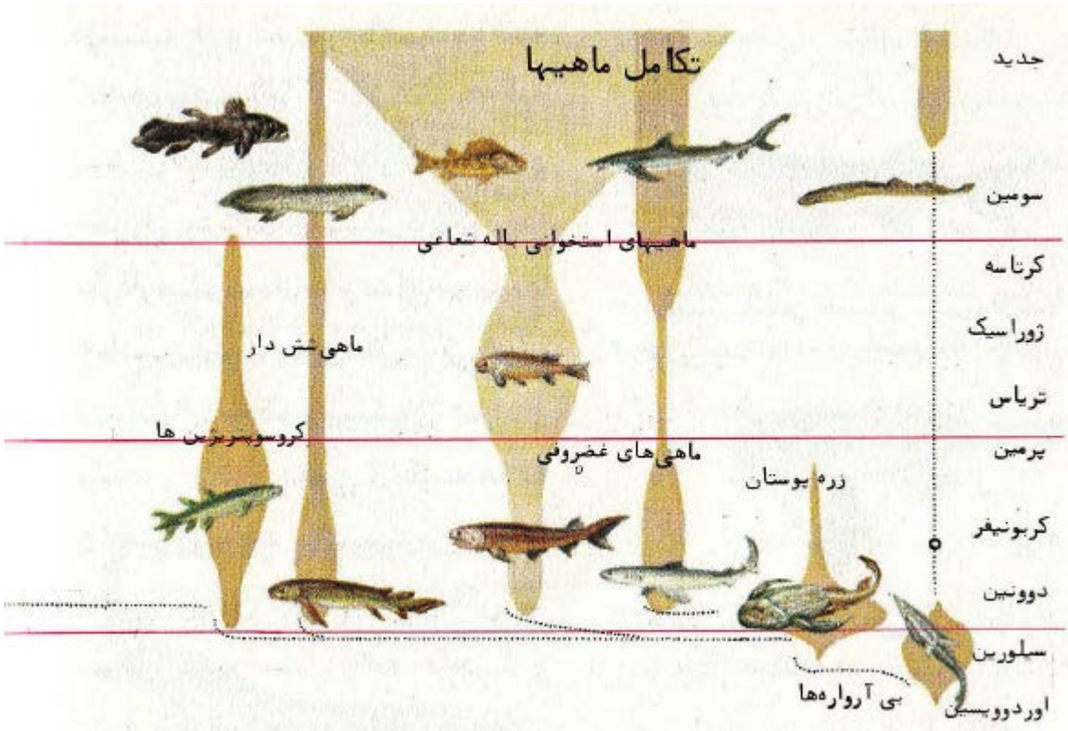
ماهیهای‌استخوانی (اوستئیکتیسها) شامل تقریبا" همهٔ انواع ماهیهای امروزی آبهای‌شیرین و دریا هستند. این‌ماهیها، اسکلت استخوانی محکم

کیرولپیس، یک ماهی باله شعاعی دوونین میانی‌است که درازایش در حدود ۲۸ سانتیمتر بوده است.

جزئیات ساختمانی بالهٔ شعاعی با استخوانهایی که آن را نگاه می دارند.

و خم‌شو دارند وسطح‌بدنشان‌ازفلس یا ورقه پوشیده است. بیشتر آنها بادکنک دارند. ماهیهای استخوانی در همه گونه محیطهای آبی زندگی می کنند (حتی در غارها) و عدهٔ انواع و افرادآنهابیشترازعدهٔ‌انواع و افراد همهٔ‌مهره داران دیگراست. قدیمیترین آنها در آبهای شیرین دوونین میانی زندگی می‌کردند. این ماهیها دو نوع باله داشتند.

ماهیهای **باله شعاعی**، گروهی کمیاب‌بودند که در پالئوزوئیک‌می ـ زیستندولی‌در نروزوئیک وسنوزوئیک گروه غالب را تشکیل می دادند.

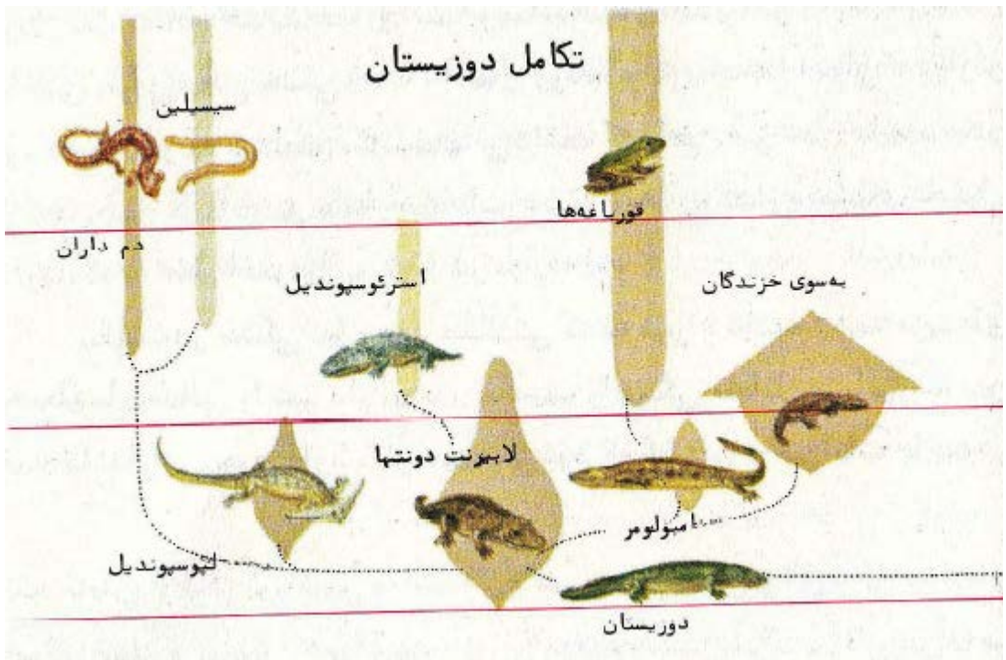


فلسهای آنها نازکترشدند و آرواره‌ها و اسکلت آنها کمال تدریجی حاصل کردند.

باله‌ٔ ضخیم و استخوانهای قوی نگاهدارندهٔ آن که از تکامل آنها پا به وجود آمده است.

ماهیهای استخوانی دارای تنفس هوایی (کوآنیکتیس)، که گروهی کوچکتر از ماهیهای باله شعاعی بوده اند، مانند مهره داران ساکن خشکی سوراخهای بینی آنها به حفرهٔ دهانی راه داشته است. انواع امروزی آنها شامل ماهی دوتنفسی اند که سه جنس از آن شناخته شده است و هر یک در یکی از سه قارهٔ نیمکرهٔ جنوبی سکونت دارد. باله‌های آن محکم اند و به خلاف ماهیهای

اوستئولپیس دوونین میانی با فلسهای لوزی شکل ضخیم و باله های ضخیم کوتاه. درازی تا ۲۳ سانتیمتر.



باله شعاعی به وسیلهٔ استخوانهای باریک نگهداری نشده اند بلکه محور استخوانی قوی دارند. از این باله‌های محکم برای "راه پیمایی" از آبگیری به آبگیر دیگر در فصلهای خشک استفاده می کنند.

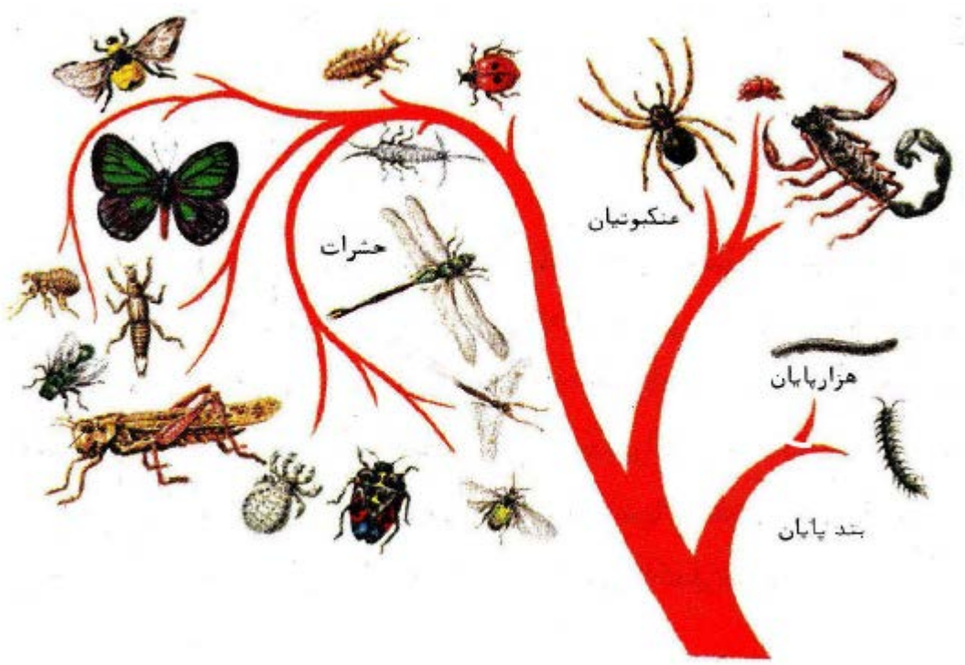
گروه بزرگ دیگر که باله‌های ضخیم داشتند و شامل "سلاکانت"ـ های امروزی و پیشگامان آنها هستند، عموماً در آبهای شیرین دوونین زندگی می کردند و گوشتخوار بودند و "کروسوپتریژین" نام دارند. اینها بودند که مهره‌داران زمینی را بوجود آوردند (صفحه‌های ۹۹ و ۱۰۰ و ۱۰۱).

حیات در خشکی نسبتاً دیرپدیدار شده است. حیات احتمالاً نخستین بار در دریاهای کم عمق، یعنی جاهایی که گروههای بی مهرگان محدود به آنجاها هستند، ظاهر شده است. برای جاندارانی که در اقیانوسها ظاهر گشته و زندگی کرده اند، زندگی در خشکی نیاز به تغییرات عمده داشت. از جملهٔ این تغییرات، حفاظت از خشک شدن بدن، روشهای جدید نگهداشتن بدن در هوا که به آسانی شناوری در آب نبود، تنفس اکسیژن آزاد به جای گرفتن

آن از آب ،منابع جدید غذا و آب ، و مکانیسمهای جدید برای‌اطمینان‌بخش ساختن بارآوری در خشکی است . اشغال رودها و دریاچه ها اندکی دشوارتر بود ،زیرا نیاز به پیدایش مکانیسمهایی‌داشت که مانع رقیق‌شدن مایعات‌بدن گردند . این مایعات در همهٔ حیوانات دقیقا" به‌آن اندازه نمکهای محلول دارند که با فشار اسمزی آب دریا در موازنه اند .

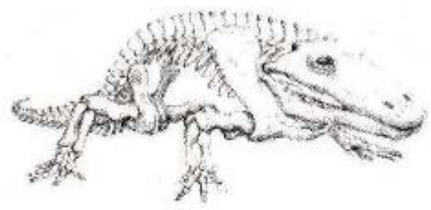
سکونت‌در خشکی ،با وجود مشکلاتی که به همراه داشت ، همهٔ مزیتهای محیطهای خالی را نیز دارا بود . به سبب وابستگی متقابل حساسی که بین همهٔ جانداران وجود دارد .اگر دیده می‌شود که گیاهان و حیوانات با هم‌در

بند پایان از نظر گوناگونی و عدهٔ انواع‌زمینی و پرنده ازهمهٔ‌گروههای دیگر حیوانات‌پیشی گرفته‌اند .چون پوشش خم‌شو و سفت و پاها و ضمائم محکم‌داشتند ، از همان آغاز پیشتاز بودند . قدیمیترین‌بند پایان خشکی که در اواخر سیلورین پیدا شدند ، شبیه هزار پایان و شاید تا اندازه‌ای آبزی‌بودند .حشرات‌در دوونین‌ظاهر شدند .در دورهٔ‌کربونیفر ،بند پایان گوناگونی‌مثل‌حشرات‌بالدارابتدایی ، سوسکها ، عنکبوتهاوعقرب‌پیداشدند. بیشتر گروهها در مزوزوئیک ظاهر گشتند .



دوره های سیلورین و دوونین خشکیهـا را اشغال کرده اند شگفت آور نیست. اشغال خشکیهـا بیشک شامل اشغال قبلی آبهای شیرین بود. بسیاری از جانداران امروزی، که اساسا" دریایی اند، چند نوع آب شیـرین نیز دارند (ماننـد دو کفـه ایها و سختپوستـان)، ولی فقط گیاهان و سه گروه بزرگ حیوانات (حلزونها، بندپایان، و مهره داران) کاملا" روی خشکیهـا مستقرشدند.

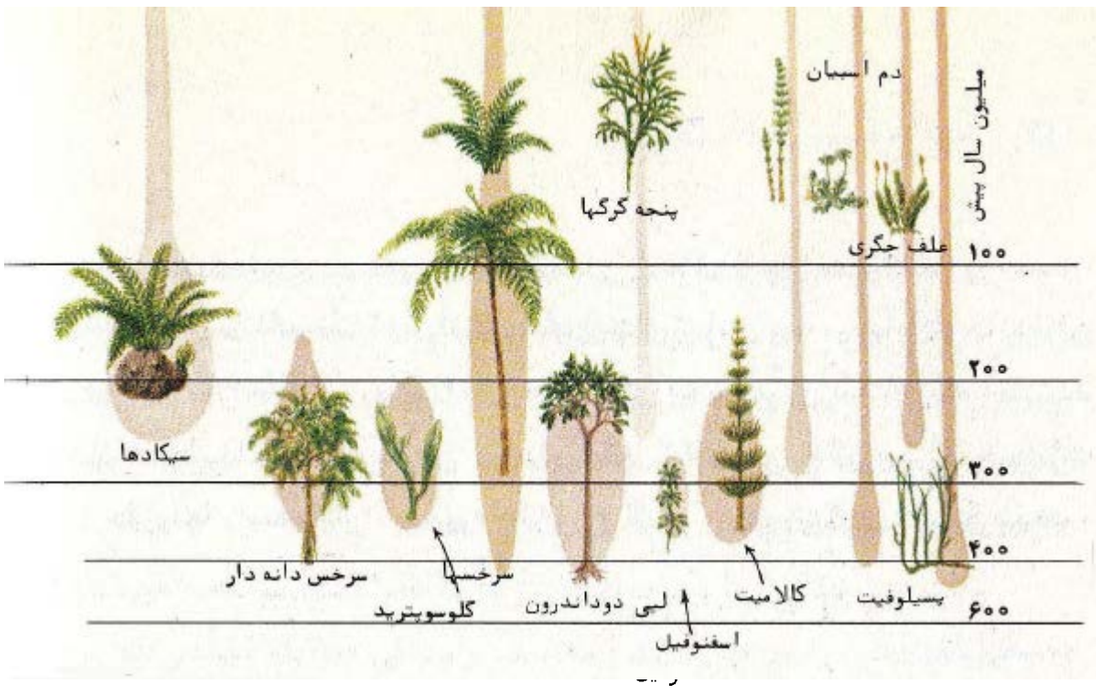
مهره داران دراشغال خشکیها یکسان توفیق نیافتند. بیشتر دوزیستیان به ناحیـه‌های نزدیک آب محدودند تا بتوانند به آب بازگردند وتولیدمثل کنند. بیشترخزندگان به مناطق حاره و معتدله محدودند. پستـانداران و پرندگان گسترش و سازگاری بیشتـری دارند. بعضی از مهـره داران مثل لاکپشتان و دیگـرخزندگان منقـرض شده، گراز دریایی، وال، و پنگوئن، سازگاری ثانوی به زندگی در آب دریا پیدا کرده اند (صفحهٔ ۱۳۶).



اسکلت دوزیستی از دورهٔ پرمین: اریوپس، به درازی ۱/۵ متر.

حلزونهـا آبهای شیرین وخشکیها را اشغال کردند. بعضی از آنها صاحب صدف محافظ شدند ولی بعضی دیگر (راب) صدف ندارند. انواع ساکن خشکی مانند انواع آبزی حرکت می‌کنند و برگ و سرشاخـه می خورند، برای تنفس درهوا صاحب شش شده‌اند.

حلزون خشکی، هلیکس.



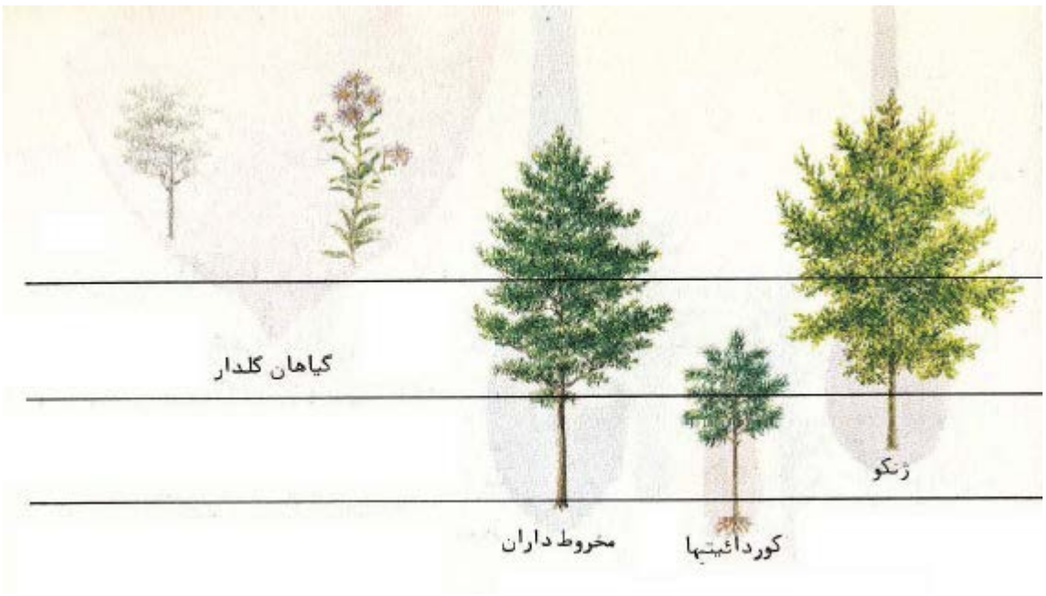
گیاهان خشکی احتمالا "ازجلبکهای سبز ،که در حال حاضرهم در دریاها می رویند و هم در آبهای شیرین ، اشتقاق یافته اند . گروههای گوناگون گیاهان ، مانند حیوانات در سازگاری به زندگی در خشکی توفیق یکسان نیافته اند .

بریوفیتها (خزه ها و علف‌جگری) برای‌تولیدمثل و خشک نشدن به آب احتیاج دارند . سازگاری آنها از این نظرکه‌فقط تا حدودی‌به‌خشکی‌سازگار شده اند ، به سازگاری دوزیستیان شباهت دارد . اینها گیاهان کوچکی هستندکه برگ و ساقه‌دارند ولی‌فاقد بافتهای چوبی‌لازم برای نگهداری گیاه‌وجریان‌یافتن‌شیره‌های‌گیاهی‌اند.

ریسه داران که شامل‌جلبکها وقارچها و باکتریها هستند ، ریشه و ساقه و برگ و دستگاه آوندی نگاهدارنده و جریان‌دهندهٔ‌شیره های‌گیاهی را که از خصوصیات گیاهان عالی است ، فاقدند . یا تک‌سلولی‌اند یا‌مجموعه‌ای از سلولها که سازمان‌دقیقی ندارند . اینها در محیطهای مرطوب زندگی می کنند .

فوکوس، جلبک قهوه ای

خزه، نمونه ای از بریوفیت ها



گیاهان آوندی (تراکئوفیتها) شامل بیشترگیاهان امروزی‌اند . همهٔ این گیاهان دستگاه آوندی مرکب از بافتهای هادی دارند که آب و مواد مغذی را از خاک و از طریق ریشه به دیگر اعضای گیاه می رسانند . سیستم آوندی دستگاه نگاهدارنده نیز هست و به بعضی از این گیاهان امکان‌می‌دهد که بسیار بزرگ شوند . از این گذشته لایه ای سطحی (کوتیکول) نیز دارند که مانع خشک شدن آنهاست .

قدیمیترین گیاهان آوندی بی دانه بودند ، مانند گیاهانی که در جنگل دوونین تصویر زیر ، نشان داده شده اند .

منظره ای از جنگل دوونین : گیاهانی که نشان داده شده اند عبارتند از : (۱) یک پنجه گرگ ابندابی (پروتولپیدودندرون) ، (۲) سرخس درختی (ائوسپرمانوپتریس) ، و (۳) کالاموفیتون . در قسمت جلو ، پسیلوفیتیدها که گیاهانی کوتاهند ، دیده می شوند .

پسیلوپسیدها که شامل نخستین گیاهان آوندی شناخته شده اند ، ریشه ندارند ، یا برگهای ابتدایی دارند ، یا بی ـ برگند . اگر چه در دوونیـن فـراوان بودند ، جثهٔ آنها کوچک بود و فقط دو جنس از آنها باقی مانده اند .

اسفنوپسیدها شامل دم اسبیان امروزی وگیاهان مشابهٔ آنها درپالئوزوئیک ـ اند که به بلندی ۱۲ مترمی‌رسیدند. این گیاهان ریشـه و ساقه ای بلند و بندبند و راه راه دارند . در هر بند ساقه دایره ای از برگهـا و در راءس ساقه،مخروط وجود دارد .

گیاهان آوندی بی‌دانه شامل پسیلوپسیدها و پنجه‌گرگها وسرخسها و اسفنوپسیدها هستند . گیاه بالغ هاگهایی تولید می کندکه پس از رشد ، گیاه بی‌برگ‌مخصوصی (گامتوفیت) به وجودمی‌آورد .اینها بعدا "سلولهای جنسی را به وجود می آورند .چون سلول جنسی نر برای رسیدن به سلول جنسی‌ماده به آب احتیاج دارد ،این گیاهان بی‌دانه محدود به محیطهای مرطوب اند . این گیاهان در پالئوزوئیک فراوان بودند ، ولی با گستـرش گیاهان دانه دار در مزوزوئیک رو به کاهش نهادند .

پنجه گرگها شامل خزه های امروزی و نمونهٔ غول‌پیکر آن متعلق به‌جنگلهای ذغال‌سنگی دورهٔ پنسیلوانین است .

سرخسها که به تعداد زیاد باقی مانده‌اند از گیاهان تولیدکننده‌ٔ هاگ‌اند. بعضی از انواع فسیل و زنده به بلندی ۱۵ مترند.

گیاهان دانه‌دار به دو دستهٔ بزرگ تقسیم می شوند: گلدار و بی‌گل. در گروه بی‌گلها (بازدانگان) دانه ها پوشیده نیستند بلکه "برهنه" اند، مانند دانه های مخروط کاج. در گروه گلداران (نهاندانگان) دانه ها پوشیده اند در هر دو گروه دانه های گرده و تخمکها مستقیما "به وسیلهٔ گیاه والد تولید می‌شوند. دانه‌های گرده، تخمکها را بارور می‌کنند. تخمک بارور شده، به دانه تبدیل می‌گردد. دانه ها برای جلوگیری از خشک‌شدن، پوشیده اند. نتیجه این شده است که گیاهان دانه دار ناحیه‌های گوناگون خشکی را اشغال کرده اند و فراوانترین گروه گیاهان امروزی اند.

سیکاد قدیمی

بازدانگان شامل: (۱) **سرخسهای** دانه‌دار منقرض شده‌اند، که احتمالا" اجداد دیگر گروههای گیاهانند، (۲) **سیکادها** و خویشاوندان منقرض شدهٔ آنها هستند که در مزوزوئیک فراوان بوده‌اند، (۳) **کوروداثیتهای منقرض** شده اند که احتمالا" اجداد مخروط دارانند، (۴) **ژنکوهای** امروزی و، (۵) **مخروط داران** اند که گسترش فراوان یافته اند.

گیاهان گلدار (نهاندانگان) امروزه شامل بیش از ۲۵۰٬۰۰۰ نوع اند. در مزوزوئیک ظاهر شدند و بزودی جای نهاندانگان را، که فراوان بودند، گرفتند. گلهای آنها اعضای تولید مثل‌اند. بسیاری از گلها ساختی دارند که حشرات را به خود جلب می کنند.

گیاهان گلدار دورهٔ کرتاسه

حشرات دانه‌های گرده را برای بارور ساختن گلهای ماده با خود می‌برند. محفوظ بودن دانه‌ها در پوششی محافظ پیشرفتی است که نهاندانگان نسبت به بازدانگان کسب کرده‌اند. گیاهان گلدار سازگاریهای پر شماری به محیطهای گوناگون یافته‌اند: از کاکتوسهای بیابان گرفته تا درختان و گلهای مردابهای مناطق حاره. تغییر بعضی از گروههای حیوانی ظاهرا "به تغییر گیاهان مربوط بوده است (صفحه‌های ۱۳۰ و ۱۴۳).

دوزیستیان، نخستین مهره داران خشکی بودند، ولی فقط تا اندازه‌ای با زندگی روی خشکی سازگار شده اند. زیرا نیاز دارند برای تخمگذاری به آب باز گردند و نوزادان آنها باید در آب بزرگ شوند. بیشتر انواع دوزیستیان بالغ محدود به زندگی در محیطهای مرطوب اند.

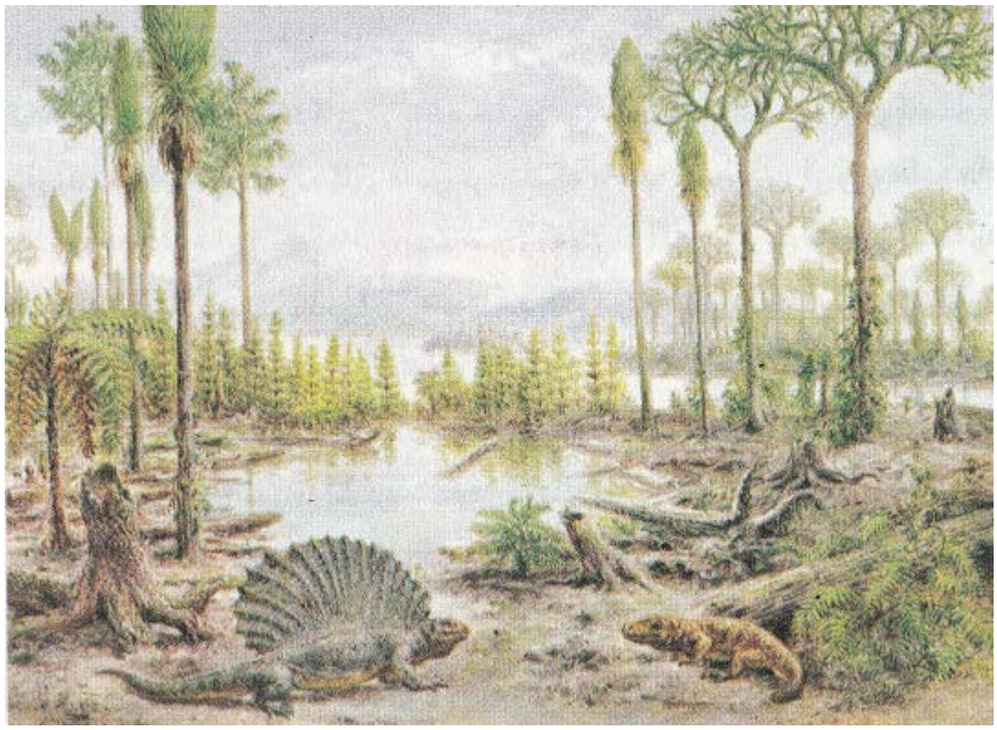
قدیمیترین دوزیستیان، یعنی ایکتیوستژیدها که در اواخر دوونین می زیستند، از ماهیهای "کروسوپتریژین" باله ضخیم، احتمالا" به سبب فشار جمعیت در آبگیرهایی که "کروسوپتریژینها" در آنها می زیستند، اشتقاق یافته‌اند (صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۱). محور استخوانی محکم و ماهیچه‌های قوی باله ها و وجود ششها، ماهیهای باله ضخیم را به صورتی آرمانی برای مهاجرت از آبگیرهای راکد و فصلی سازگار ساخته بود. زندگی روی خشکی، اکسیژن بی حساب، امکان دست یابی به منابع اضافی غذا، فرار از دست صیادان، و وسیلهٔ دسترسی به آبگیرهای دیگر را فراهم می کرد.

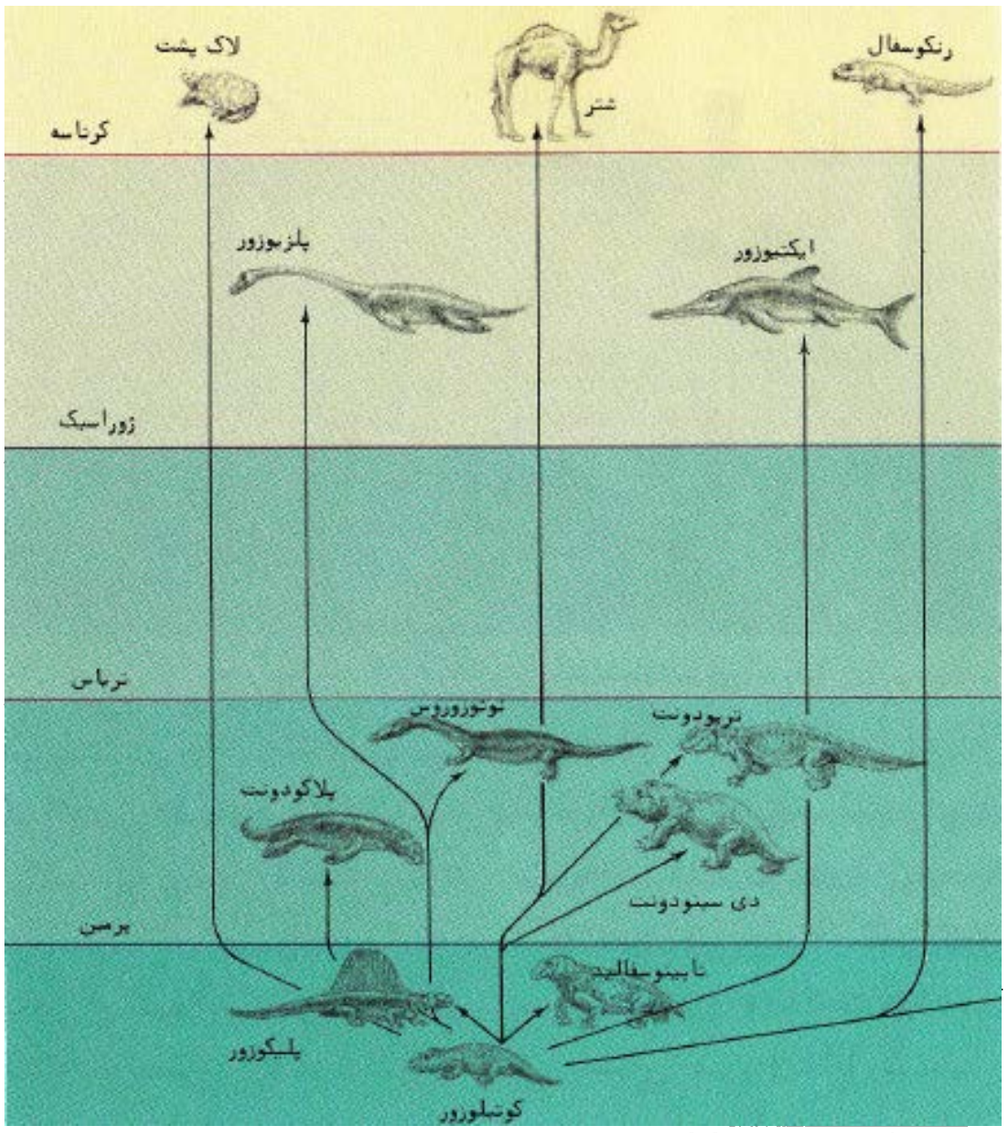
بانلاق دعال سنک سار اواخر پالئوزوئیک با دوزیستیان لابیرنتودونت .

دوزیستیان اواخر پالئوزوئیک ، گوناگونی بسیار نشان داده اند . پراکنده شدن آنها درخشکی وسازگار شدنشان با آن سریع بوده است .و بعضی از آنها به زندگی درآب بازگشته‌اند. بعضی از "لابیرنتودونتها" به درازی ۴/۵ متر می رسیدند .

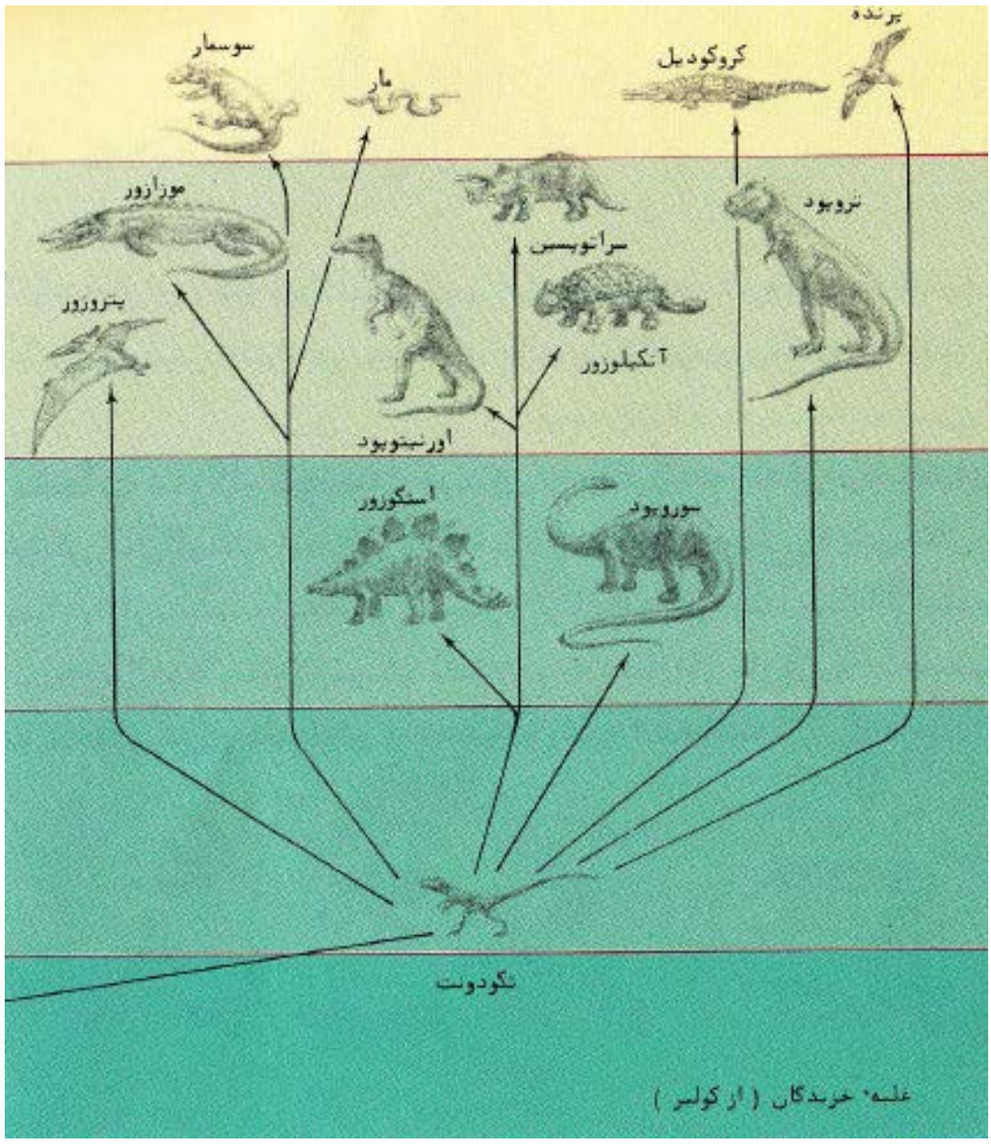
دوزیستیان بیش از ۱۰۰ میلیون سال حکمروای خشکیها بودند ،و در اوایل مزوزوئیک ، شاید در نتیجهٔ رقابت با اعقاب خود یعنی خزندگان، که سازگاری بهتر داشتند ، رو به کاهش نهادند . دوزیستیان امروزی شامل نیوت ، سمندر، قورباغه، غوک ، وسیسیلیان اند.

خزندگان اولیه بقاومهای جزئی با اجداد دوزیستی خود داشتند . در دورهٔ برمین گوناگونی سریع حاصل کردند .





پیدایش خزندگان مرحلهٔ جدیدی از سازگاری به زندگی خشکی بود. خـزندگان از تخمی به وجود می آینـد که پوششی سفت دارد و درون آن اندوختـهٔ غذایی و کپسولی پر از مایع و محفوظ برای رشد جنین هست. هنگامی که نوزاد خزندگان از تخم خارج می شوند ساختی کمابیش کامل دارند. بُنا براین خزندگان قادر بودند که ناحیه های دور از رودخانه ها و دریاچه ها را اشغال کنند. پوست خزندگان، فلس دار یا شاخی است و مانع خشک شدن بدن آنها می شود. دستها و پاها و دستگاه گردش خون خزندگان عموما" پیچیده تر از دوزیستیـان است. خـزندگان در دوران مزوزوئیک تنوع بسیار حاصل‌کردند و نه تنها خشکیها را اشغال‌کردند بلکه در آبها و در هوانیز پراکنده شدند. کاهش آنها، که علتش هنوز به‌درستی روشن‌نشده است، همراه با گسترش اعقاب آنها، یعنی پرندگان‌وپستانداران بوده است.



غلبهٔ خزندگان (از کولبر)

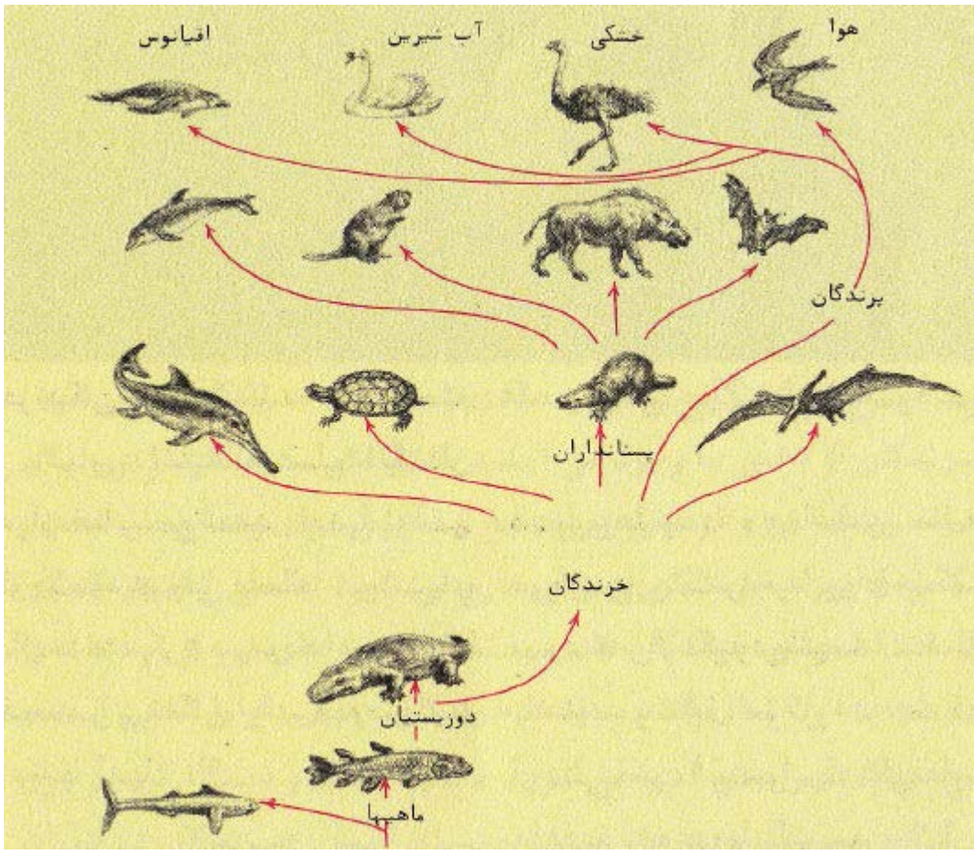
خزندگان پرنده اسکلت سبک ،محکم و بالهایی داشتندکه وسیلهٔ **انگشتان دراز حمایت‌می‌شدند** . بعضی از آنها کوچک‌بودند ولی فاصلهٔ دو انتهای بال‌عدهٔ دیگرع متربوده است . اینها همعصر پرندگان اولیه بودند نه اعقاب آنها .

خزندگان آبزی در دورهٔ مزوزوئیک، که‌خزندگان‌برهمهٔ‌محیطها حکمروائی داشتند ، فراوان یافت می شدند . بعضی از آنها به ماهی ، عده ای به فک ،و برخی نیز به مارشبیه بودند .

دینوزورها مدت ۱۴۰ میلیون سال‌از دوران‌مزوزوئیک‌را فرمانروای‌خشکیها بودند . از **تکودونتها** اشتقاق یافته‌اند و شامل دو گروه بودند که از نظرساخت استخوانهای‌لگن‌تفاوت داشتند : خزنده‌مانند ،"سوریسکیان" و پرنده مانند " اورنی‌تیسکیان " . در همهٔ جهان پراکنده بودند و به محیطهای بسیار گوناگون‌سازگاری داشتند . دینوزورها شامل‌علفخواران

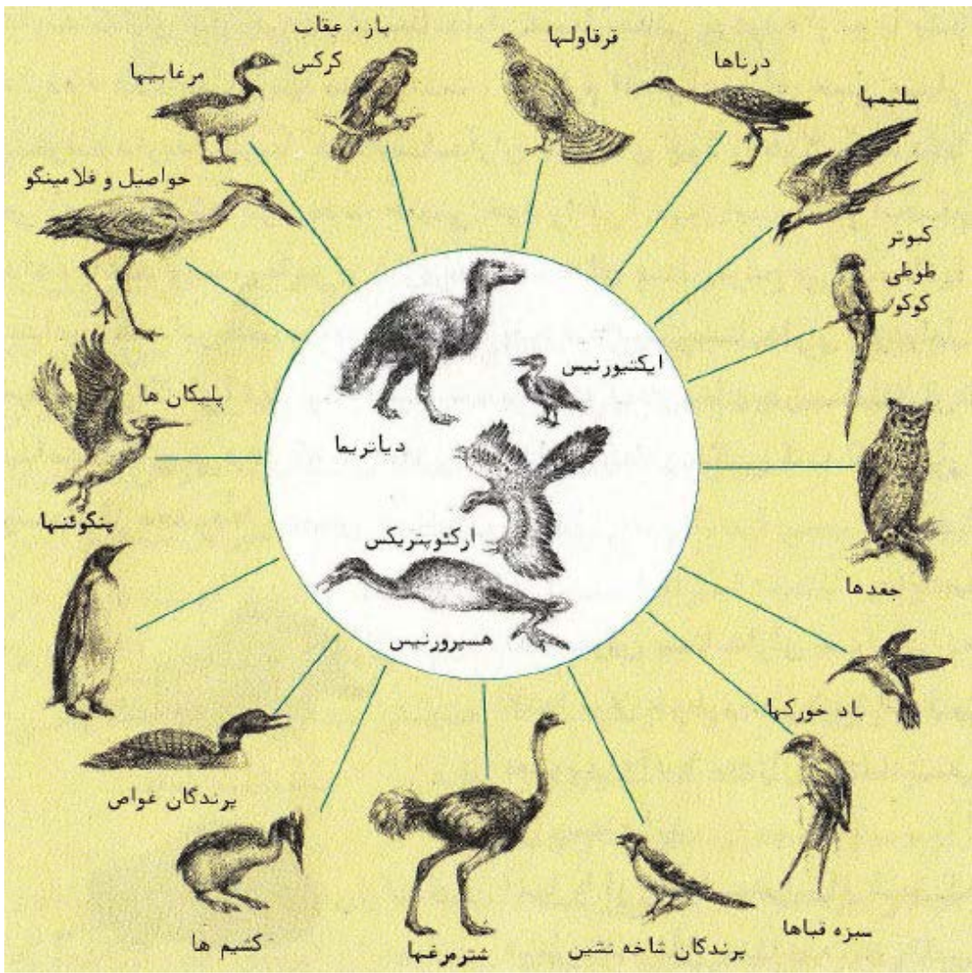
و گوشتخواران و نیز بزرگترین و سنگین زره ترین حیواناتی بودند که روی زمین ظاهر شده اند. علل انقراض آنها در اواخر مزوزوئیک روشن نیست.

انشعاب سازگارشونده خزندگان به انواعی که به زندگی در محیطهای گوناگون سازگار شده اند، پس از انقراض خزندگان عینا" به پرندگان و پستانداران دست داده است. بسیاری از گروهها در ابتدای تاریخ خود دستخوش انشعاب سازگارشونده شده اند و به دنبال آن سازگاریهای تخصصی به کنجهای درون محیطهای وسیعتر به وجود آمده است.



همگرایی تکاملی شکل ظاهری حیواناتی مثل پنگوئنها، دولفینها، ایکتیوزورها و کوسه ها، که از نظر وراثت وابستگی به یکدیگر ندارند، نتیجهٔ سازگاری آنها به اوضاع مشابه محیطی است. این گونه سازگاری در گروههای دیگر نیز دیده می شود. اگرچه هریک از رده‌های پستانداران

چهارپا ، سازگاری‌جدید یا مشخص به زندگی در محیطهای گوناگـون‌نشان می‌دهند ، اما سه‌رده‌ٔ عالیتربه‌صورتی موفقیت‌آمیز با همه‌ٔ محیطها سازگار شده اند .

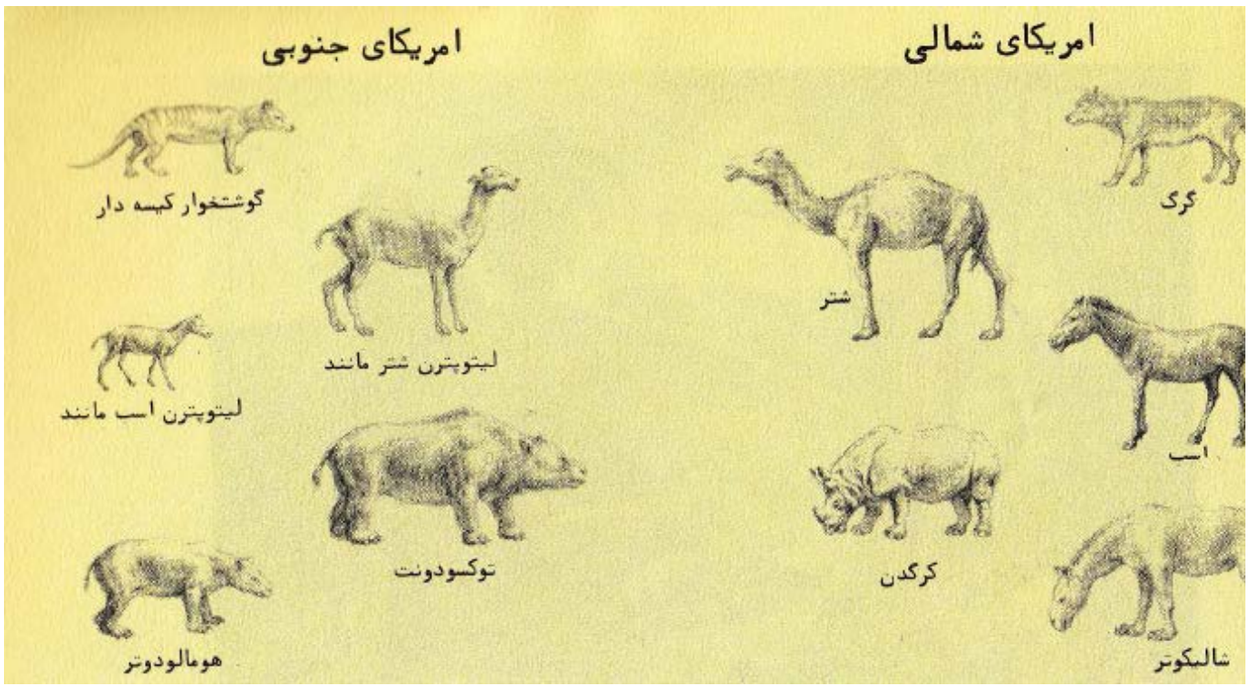


پرندگان کمتربه صورت فسیل باقی مانده اند . علتش تردی اسکلت‌آنها و نیز این واقعیت است که بسیاری ازپرندگان‌درناحیه هایی‌زندگی‌می‌کنند که اوضاع برای‌باقی ماندن آنها به صورت فسیل ،نامساعد است . پرندگان مانند خزندگان ،که اجداد آنها هستند ،تخمگذارند ولی خصوصیات ممتاز تنوع و بقای آنها عبارتند از: سازگاری عالی به پرواز ،مراقبت از بچـه ، پوشیده بودن بدن آنها از پر ، و خونگرمی . تاریخ چند گروه مهم پرندگان در بالا نشان داده شده است .

تکامل پستانداران (از دورهٔ تریاس تا عصرجدید) از " تراپسیدها " یا " خزندگان پستاندار مانند " (صفحهٔ ۱۳۳) به خوبی از روی فسیلها معلوم می شود . بعضی از فسیلها صفات حد واسط دو گروه را به صورتی دارند که باور نکردنی است . پستانداران عموما " بدنی پوشیده از مو یا پشم دارند ، دندانهای آنها متنوع است ، خونگرم اند و اعضای حسی بسیار پیشرفته دارند . تقریبا "همهٔ پستانداران بچه های خود را هنگامی به دنیا می آورند که رشد دراز مدت جنینی خود را در اندرون بدن مادر انجام داده باشند و سپس مادر از شیری‌که از غده‌های پستان‌ترشح می‌کند بدانها غذامی‌دهد . این‌خصوصیات‌و مغزبسیارپیشرفتهٔ بیشترپستانداران ، ازعوامل مهم توفیق‌تکاملی‌آنها بوده است . تنظیم شدنی بودن دمای‌بدن‌پستانداران، بدانها امکان می‌دهد که در محدوده ای از محیط زندگی کنند که بسیار وسیعتر از محدودهٔ محیطی خزندگان است .

قدیمیترین پستانداران حیواناتی به جثهٔ موش خرطوم دار بوده اند ، و معدودی‌از آنها به‌درازی ۳۰ سانتیمتر می رسیده اند .
آنها را از روی استخوانهای کوچک فسیل شده شان شناخته اند . این پستانداران درسرتاسردوران مزوزوئیک چندان چشمگیر نبوده اند .

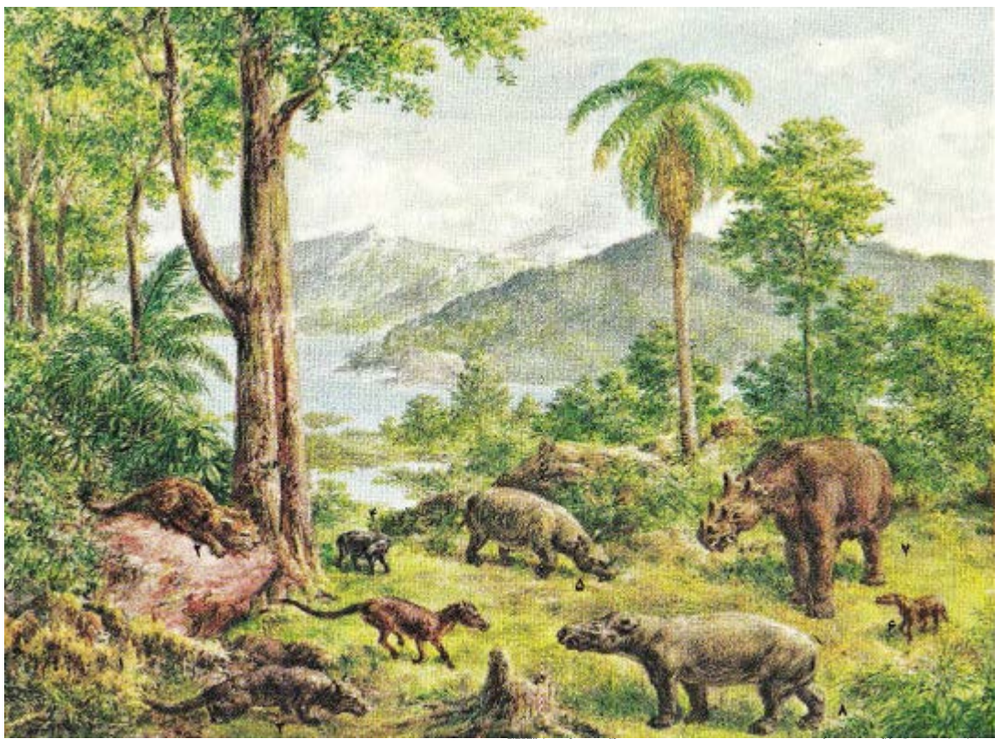
مرغسانان ، مانند " اکیدنا " (مورچه‌خوار خاریشت) و " اردک منقار" (صفحه‌های ۵۴و۵۵) تخم می‌گذارندواز غده‌های عرق تغییر شکل یافتهٔ‌خود



شیر ترشح می کنند . صفاتی از آنها که همانند صفات خزندگان اولیه‌اند این فکر را به ذهن راه می دهند که گروهی قدیمی اند . این حیوانات محدود به ناحیهٔ استرالیا هستند .

پستانداران کیسه دار (از کرتاسه تا عصر حاضر) مانند کانگورو ، و " اوپوسوم " بچه ای بسیار نارس به وجود می‌آورند و آنها را درون کیسهٔ زیرشکم مادر ، بزرگ می‌کنند . کیسه ـ داران در دوران سنوزوئیک در امریکای جنوبی فراوان بودند و مواردبسیاری از همگرایی (صفحهٔ ۱۳۶) را همانند پستانداران جفت‌دار ، (تصویربالا) نشان می دهند .
متصل‌شدن امریکای شمالی و جنوبی به یکدیگر ، درنتیجهٔ بالاآمدن تنگهٔ پاناما در اواخر دوران سنوزوئیک ، کیسه داران را از انزوا بیرون آورده و رقابت با پستانداران جفت‌دار امریکای شمالی که سازگاری بهتری داشتند ، به انقراض بیشتر آنها انجامید . بیشتر کیسه داران در استرالیا باقی ماندند زیرا این قاره همچنان جدا از دیگر قاره ها باقی ماند .

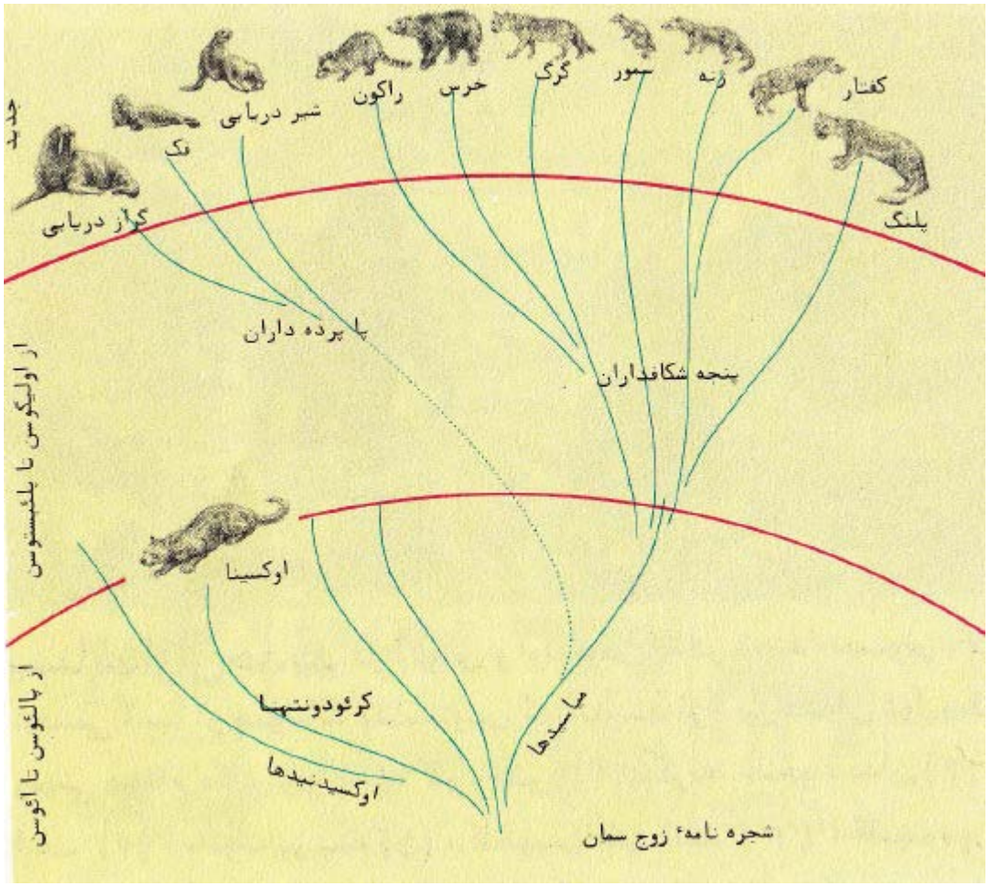
پستانداران جفت دار شامل بیشتر پستانداران امروزی اند . از آنجا که جنین به وسیلهٔ جفت در درون‌رحم مادر حفظ و تغذیه‌می‌شود ، نوزادان آنها رسیده‌ترازنوزادان کیسه‌دارانند و این یک مزیت تکاملی بسیار مهم است . قدیمیترین پستانداران جفت‌دار (دورهٔ کرتاسه) ازحشره خواران موش خرطوم دار مانند بودند .



پستانداران اوایل دوران سنوزوئیک دوره‌ای از انشعاب شدید را از سرگذراندند که در آن جانشین خزندگان، یعنی فرمانروایان همهٔ محیطهای زندگی، شدند. تصویر بالا تجسمی است از منظرهٔ ۵۰ میلیون سال پیش که در آن اجداد لمورها، نوتارکتوها (۱)، گوشتخواران، اوکسیئنا (۲)، مزونیکس (۳)، پستانداران سم‌دار، پالئوسیوپس (۴)، یک تیتانوتر (۵)، و آمبلی پودی به نام ائوبازیلئوس (۶)، اونیتاتریوم (۷)، و کوریفودون (۸) نشان داده شده‌اند.

پستانداران قدیمی علفخوار سم‌دار، از جمله **فناکودوس** که یک **کوندیلارت** پیشرفته بود، دمی دراز و پنج انگشت در هر دست و پا و جمجمه‌ای شبیه جمجمهٔ گوشتخواران داشتند. آمبلی پودها و اونیتاترها (بالا) که دندانهای آنها برای جویدن گیاهان تغییر یافته بود هم‌عصر آنها بوده‌اند. انگشتان چنگالدار انواع اجدادی بعداً به سم تغییر یافته است.

تکامل گوشتخواران (از کولبر)

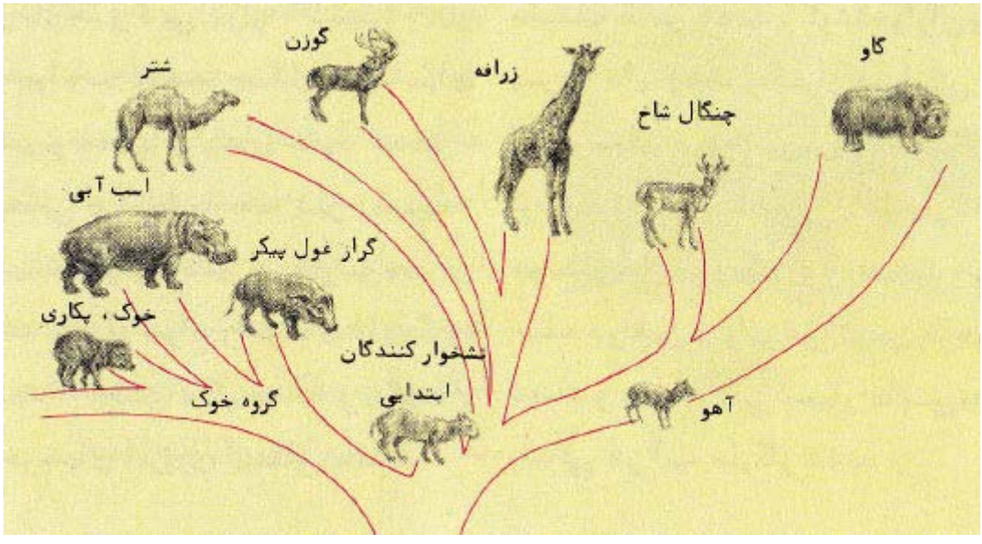


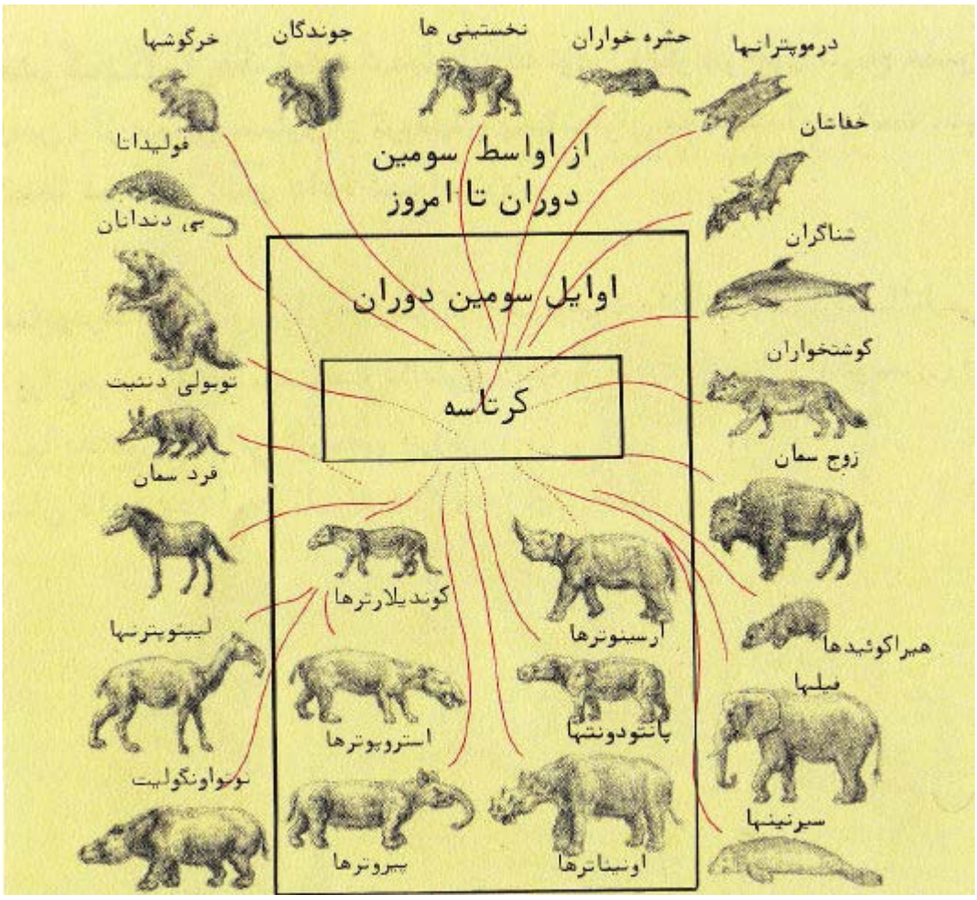
پستانداران گوشتخوار قدیم ، یعنی کرئودونتها ــ بیشترجثه‌ای کوچک و باریک و دمی دراز داشتند . این حیوانات صاحب چنگال ، دندانهای تیز و دستها و پاهای نرم شدند . بعضی از آنها به جثهٔ شیر رسیدند. بیشتر کرئودونتها در ائوسن منقرض شدند . از انواع راسو مانند این گروه بعدا " اجداد گربه ها و سگها و خرسهای امروزی اشتقاق یافتند .

گوشتخواران بعدی ، از جمله انواع اجدادی گوشتخواران پنجه دار مثل گربه ، سگ ، کفتار و راسو در زمانهای مختلف ظاهر شدند . گوشتخواران پا پرده دار (فک و گراز دریایی) اقیانوسهای دورهٔ میوسن را اشغال کرده بودند . پستانداران آب باز که خویشاوندان نزدیک آنها هستند ، از جمله دولفین و وال در ائوسن ظاهر شدند و به صورتی بسیار عالی به زندگی در آب سازگار شدند .

پستانداران جدید در آئوسن و اولیگوسن ظاهر شدند. تصویر بالا تجسمی است از حیوانات پلئیستوسن که عبارتند از: بی دندان غول‌پیکر زمینی به نام مگاتریوم (۱)، گاو وحشی (۲)، گربهٔ خنجر دندان (۳)، اسب (۴)، ماموت پر پشم (۵)، کاملوپس شتر مانند (۶)، گلیپتودون (۷) یک بیدستر بزرگ از گروه کاستروئیدها (۸) و میلودون، تنبل زمینی (۹).

پستانداران سم‌دار جدید (سم‌داران) کرگدن، و زوج سمان مانند گاو، خوک شامل فردسمان مانند اسب، تاپیر و گوزن‌اند که جای فردسمان قدیم را





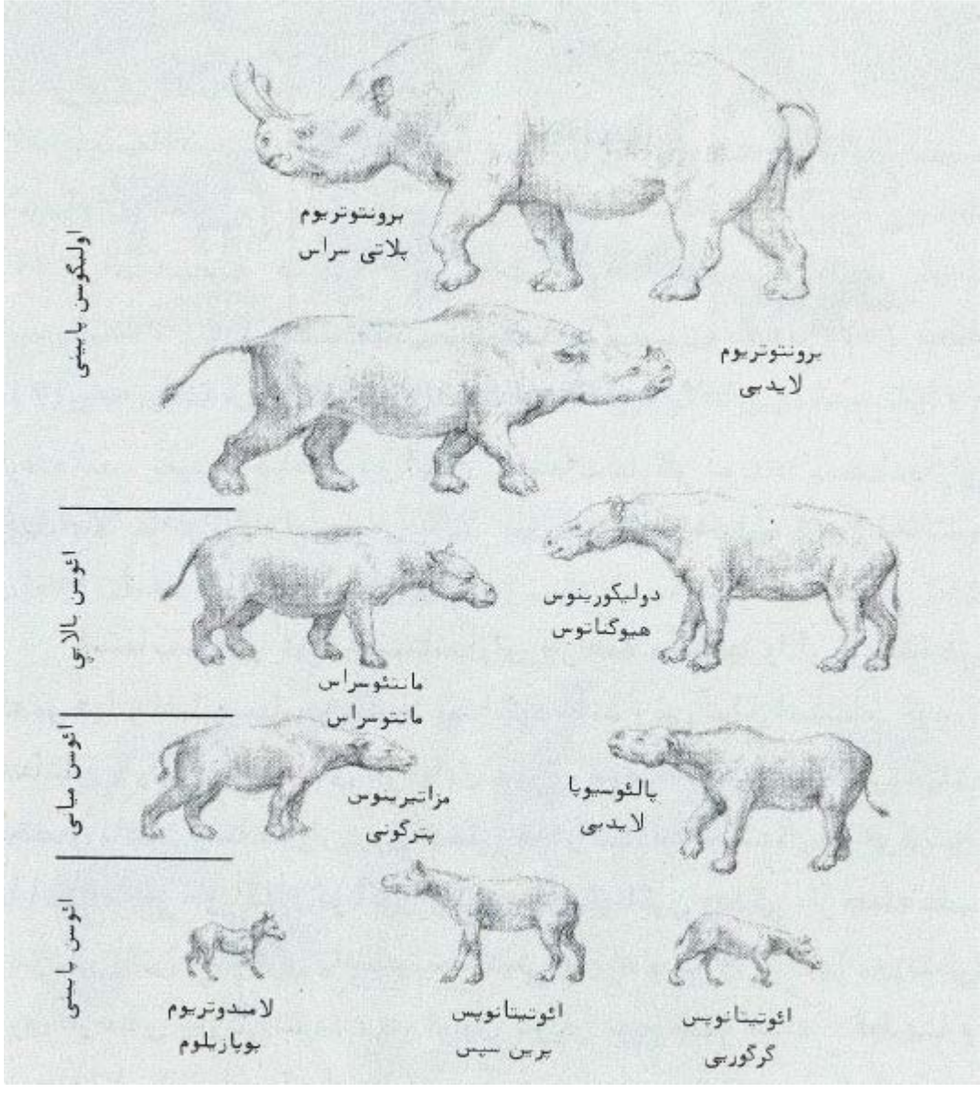
انشعاب سازگار شونده پستانداران جفت دار (از کولبر)

گرفته اند . تغییر گیاهان در این انشعاب‌سازگار شونده پستانداران رویدادها موثر بوده است . جفت دار (از کولبر)

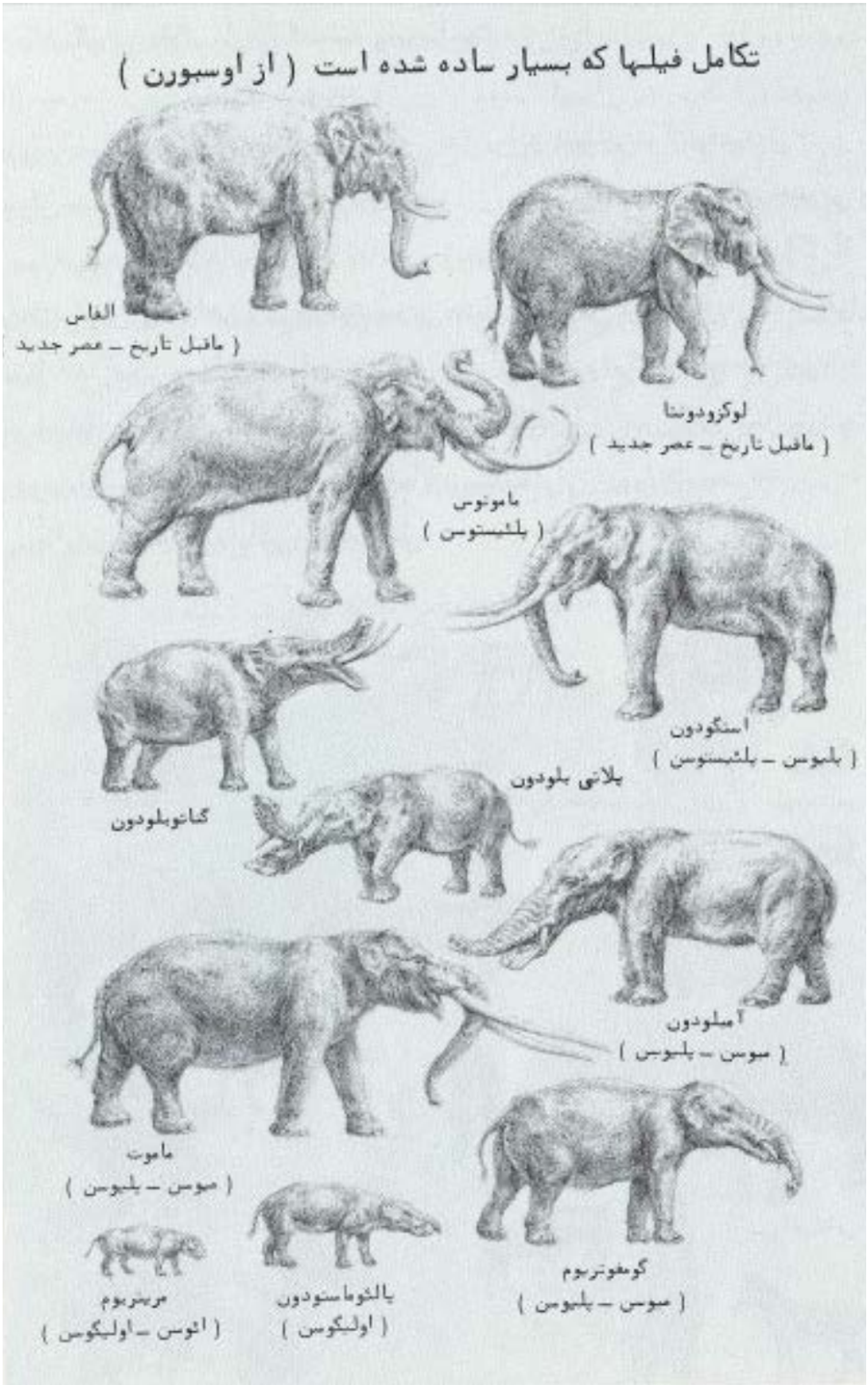
انشعاب‌سازگار شونده پستانداران در همه محیطها را از روی‌تسلطی که بر هوا و اقیانوسها و خشکیها پیدا کرده اند ، می توان استنباط کرد . خفاشان و والهای اجدادی در اوایل دوران سوم ظاهر شدند . گروههای تخصص یافته پستانداران روی خشکی ظاهر شدند . جوندگان و خرگوشها با استفاده از خوراکهای‌گوناگون و شیوه های‌گوناگون زندگی ،از جمله نقب زدن در زمین ، سازگاری یافتند . نخستینی‌ها ،که بسیاری از آنها به‌زندگی روی درختان سازگار شدند ، در اوایل دوران سوم پیدا شدند . فیلها و بی‌دندانان (تنبل و آرمادیلو) تخصص بیشتری درسازگاری‌حاصل کردند .

مدرک تکامل یک نوع و تبدیل آن به نوعی دیگر در طول تاریخ عمر زمین، از بررسی بسیاری از گروههای پستانداران به دست آمده است. در اینجا دو نمونه نشان داده شده است.

تیتانوترها گروهی از پستانداران بزرگ دوران سوم بودند. پیشترفت تکاملی آنها به صورت توالی تاریخی درزیر نشان داده شده است. انواع دیگری نیز وجود داشتند و مدارک تکاملی آنها در دست است (از اوسبورن)



تکامل فیلها که بسیار ساده شده است (از اوسبورن)



پراکندگی جغرافیایی پستانداران امروزی گویای الگوی اتصال قاره‌ها به یکدیگر در طول تاریخ گذشته زمین است.

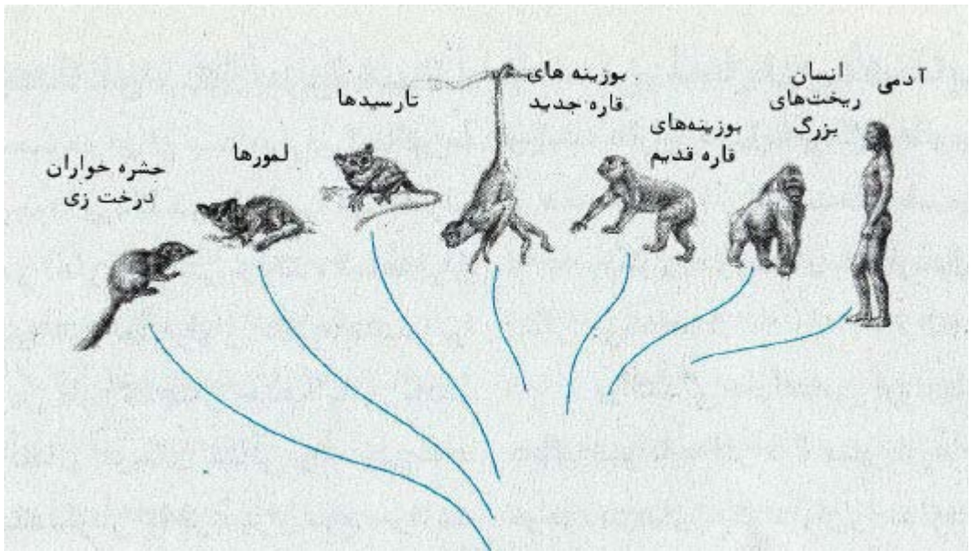
اروپا، آسیا و امریکای شمالی در بیشتر دوران سنوزوئیک به هم متصل بوده‌اند و مهاجرت حیوانات را امکان پذیر ساخته اند. و شباهتهای موجود بین حیوانات این سه قاره دلیلی بر این امر است. تفاوتهایی که میان آنها وجود دارد گویای تفاوت اقلیم محیطها و پیدایش سدهای بیابانی و کوهستانی در برابر مهاجرت آنهاست.

حیوانات امریکای جنوبی و استرالیا و افریقای جنوب صحرا کاملا" متمایزند. این قاره ها در تمام طول دوران سنوزوئیک از هم جدا بودند. پستانداران امریکای شمالی به پستانداران اروپا شبیه‌ترند.

جدا ماندن امریکای جنوبی و استرالیا مجموعه ای از پستانداران گوناگون به وجود آوردکه درمیان آنها کیسه داران در آغاز فراوانتر بودند ، کیسه داران در استرالیا فراوان باقی ماندند زیرا این قاره همچنان جدا باقی ماند . اتصال امریکای شمالی و جنوبی به یکدیگردر اواخر دوران سوم به رقابت و انقراض بسیاری از پستانداران جفت دار امریکای جنوبی انجامیده است .

تکامل همگرای شکل خارجی در پستانداران جفت دار امریکای شمالی و کیسه داران فسیل امریکای جنوبی (صفحهٔ ۱۳۹) اثر انتخاب طبیعی را به سازگاری به روشهای مشابه زندگی نشان می دهد .

پراکندگی جغرافیایی گروههای دیگر حیوانات الزاما" همین مرزهای موجوددرمیان پستانداران را ندارد . مثلا" گیاهان و بی مهرگان دریایی وسایل متفاوتی برای پراکنده شدن دارند . بنا براین ، الگوهای توزیع آنها متفاوت است .



نخستینی‌ها راسته‌ای ازپستاندار است که لمورها ، تارسیدها ، بوزینه‌ها ، انسان ریختها *و آدمی بدان تعلق دارند . فسیل اینها عموما "کم‌است ، و علت آن بیشتر ، عادت داشتن به زندگی روی درختان بوده است . بیشتر نخستینیها دوسازگاری اساسی برای زندگی روی درخت نشان می‌دهند : دید برجسته و دستهای گیرنده . این دو خصوصیت که در همهٔ نخستینیها ، جز انواع ابتدایی‌تر آنها ، دیده می شود به آنها امکان می دهد که فواصل را به دقت تشخیص دهند و از شاخه ای به شاخهٔ دیگر تاب بخورند . این‌دو خصوصیت همراه مغز بزرگ ، برای آدمی که روی خاک زندگی می کند نیز مهم بوده اند و بدو امکان داده اند که هر چه بیشتر در ساختن ابزار و استفاده از آن مهارت پیدا کند .

پیش میمونها شامل لمورهای امروزی ، آی آی ها ، باش بیبی‌ها ، و تارسیدها هستند که به میمونها بیشتر شبیه‌اند . این‌حیوانات در دورهٔ پالئوسن ظاهر شدند و احتمال دارد که از حشره ـ خواران درخت زی اشتقاق یافته و در اوایل دوران سوم تنوع حاصل کرده باشند . کاهش عدهٔ آنها در اواخر

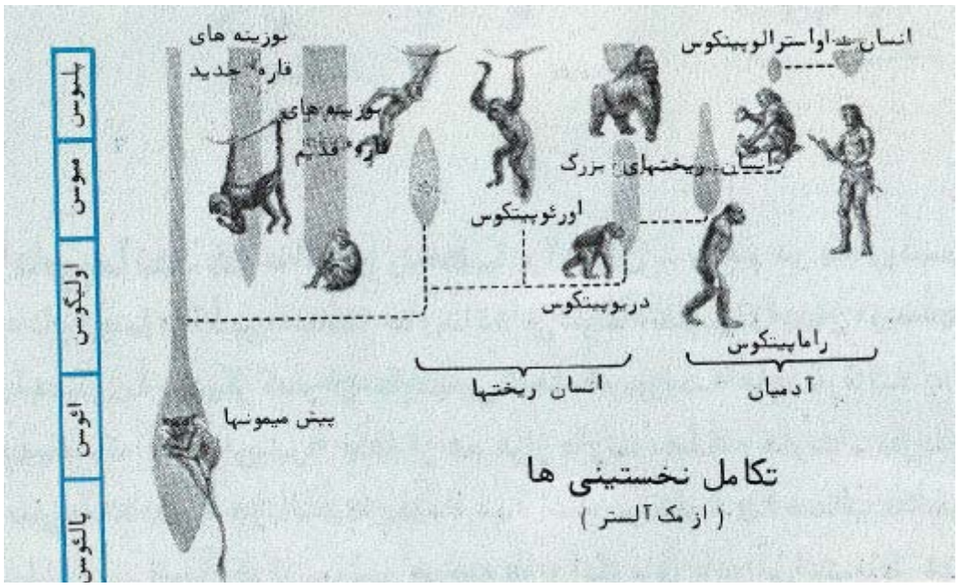
---

* بوزینه معادل Monkey و انسان ریخت معادل Ape آورده شده است . کلمهٔ میمون شامل هر دوی این گروه است . ـ م .

نوتارکوئس یک پیش میمون دورهٔ ائوسن. به بلندی قریب ۴۶ سانتیمتر.

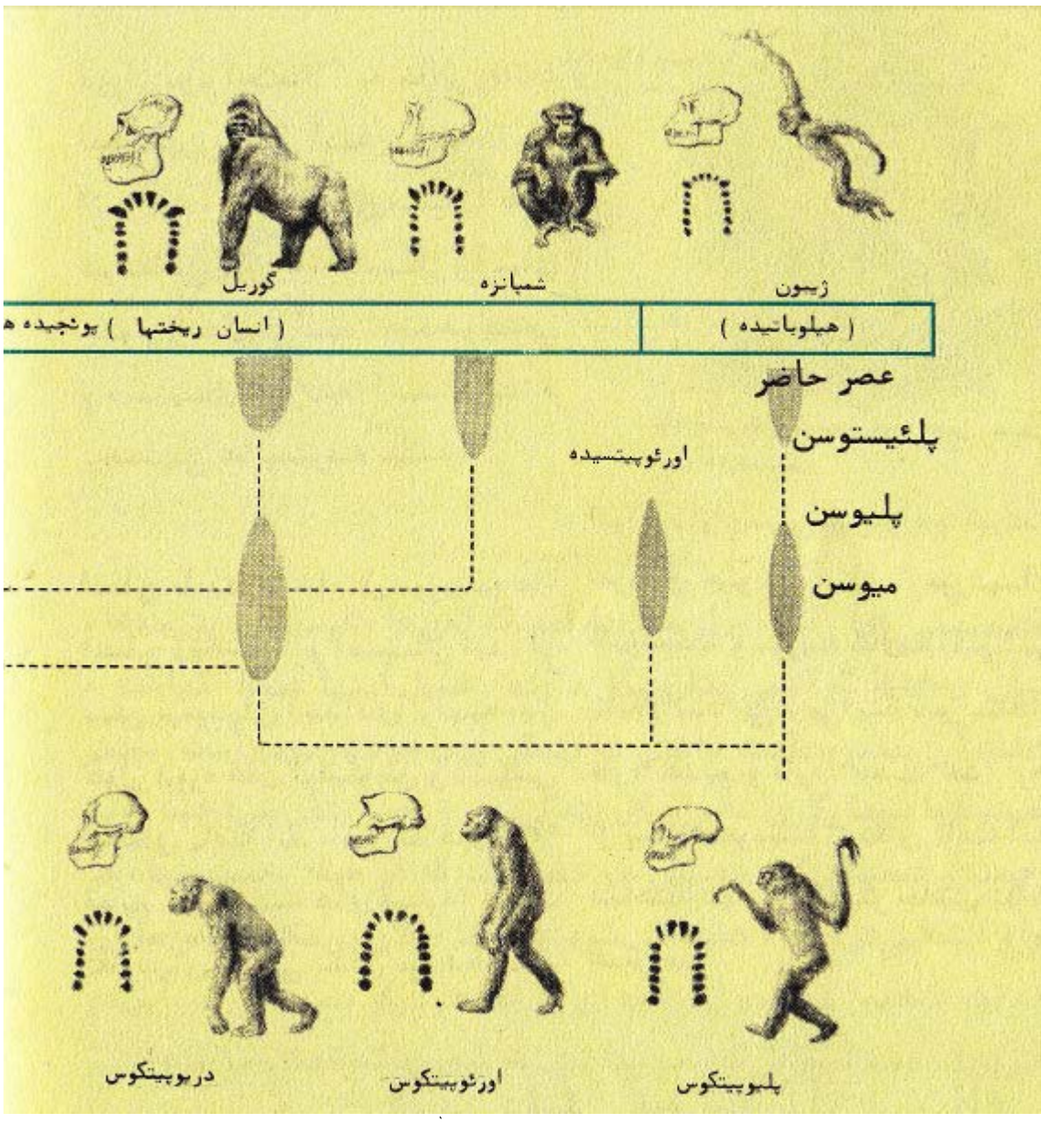
دوران‌سوم احتمالا" به خاطر رقابت اعقابشان، یعنی انسان مانندها، با آنها بوده است. پیش میمونها هنوز در نقاطی‌چون ماداگاسکار و آسیای جنوبی‌زندگی می‌کنند. دید دوچشمی و دستهای‌گیرندهٔ آنها مانند نخستینی ها پیشرفته نیست.

انسان مانند ها شامل بوزینه ها، انسان ریختها و آدمیان اند. از پیش میمونهای اجدادی اولیه، در طول دوره های اولیگوسن و میوسن اشتقاق یافته اند. بوزینه های‌قارهٔ قدیم با بوزینه های قارهٔ جدید تفاوتهای اساسی نشان می دهند. انواع دارای‌بینی‌پهن و دم گیرندهٔ امریکای جنوبی، مثل مارموزتها و کاپوشینها و بوزینه های عنکبوتی به‌نظرابتدایی‌ترمی‌آیند. بوزینه‌های قارهٔ قدیم و قارهٔ جدید جدا ازهم از پیش میمونها اشتقاق یافته اند. شباهت‌آنها به یکدیگر حاصل تکامل همگراست.

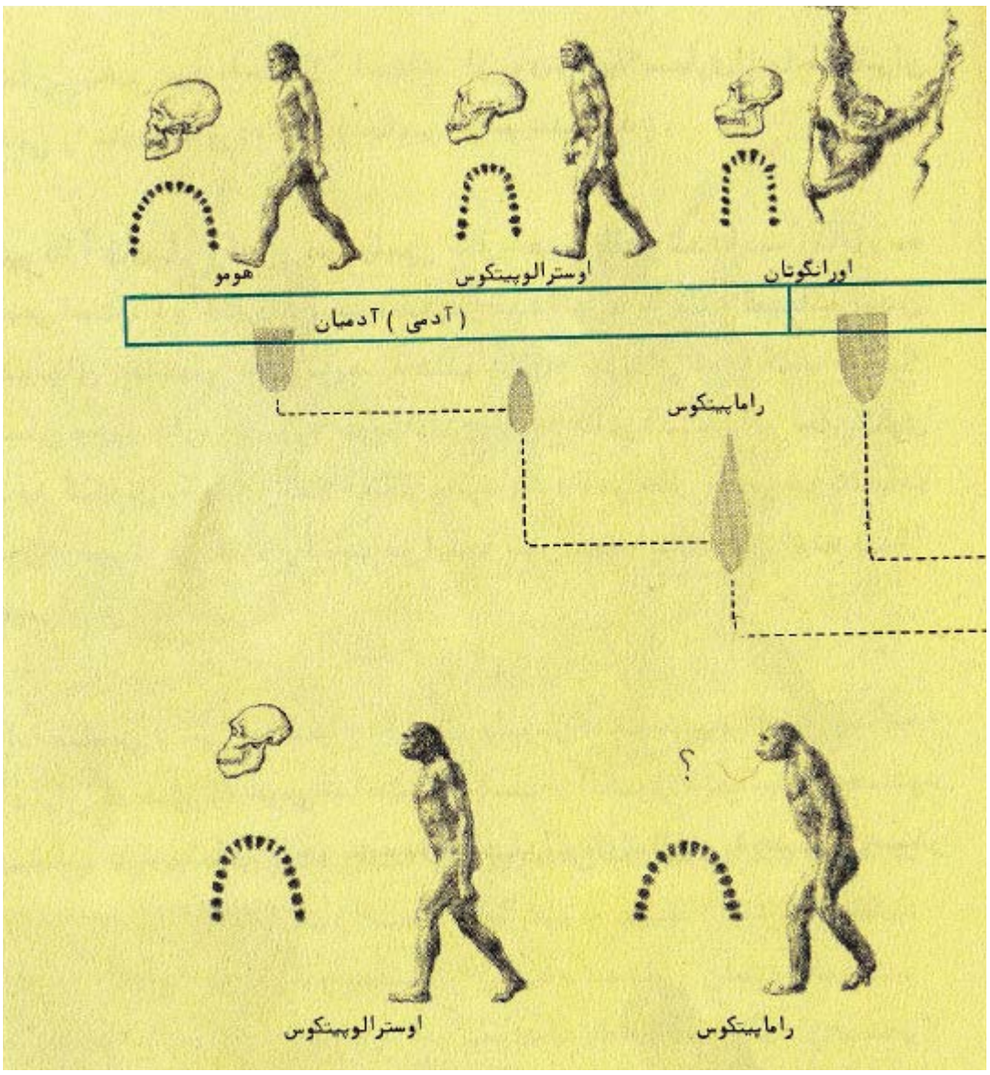


تکامل نخستینی ها

(از مک آلستر)



آدمی‌مانندها ــ انسان ریختها و آدمیان ــ با هم در یک روتیره به نام روتیرهٔ آدمی‌مانندها جای‌داده می‌شوند. تفاوتهای انسان ریختها و آدمیان با یکدیگر کمتر از تفاوتهایی است که بوزینه های قارهٔ قدیم و جدید، که در دو روتیرهٔ جدا از هم قرار دارند، با هم دارند. تاریخ آدمی‌مانندها، که دربالا نشان‌داده شده است خویشاوندی احتمالی تکاملی آنها را، به طوری که از بررسی جمجمه ها و الگوهای دندانی استنباط شده است، نشان می دهد.

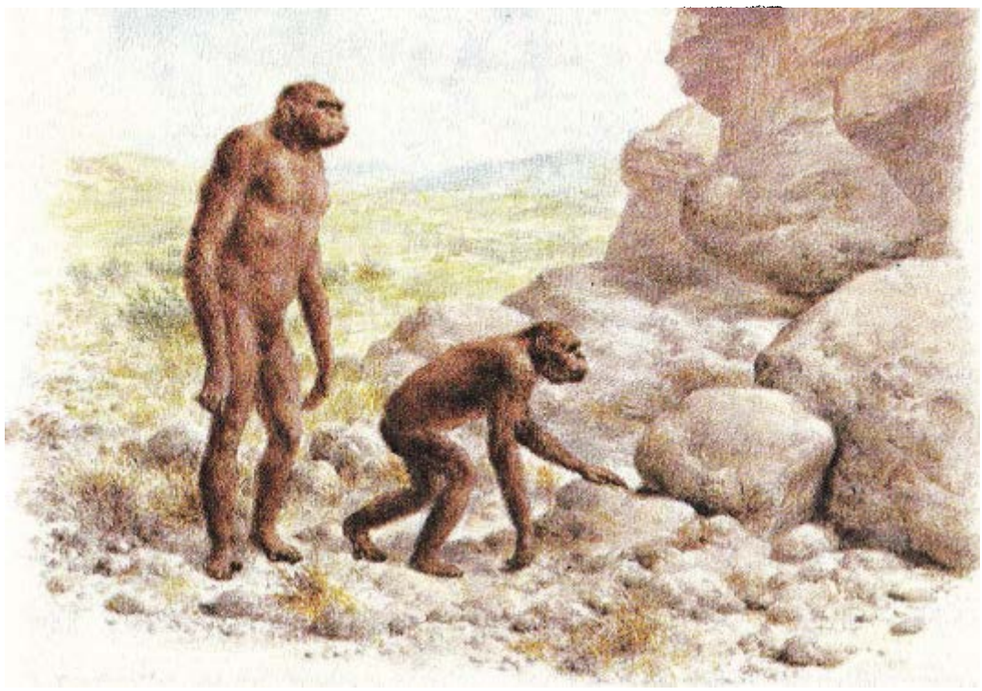


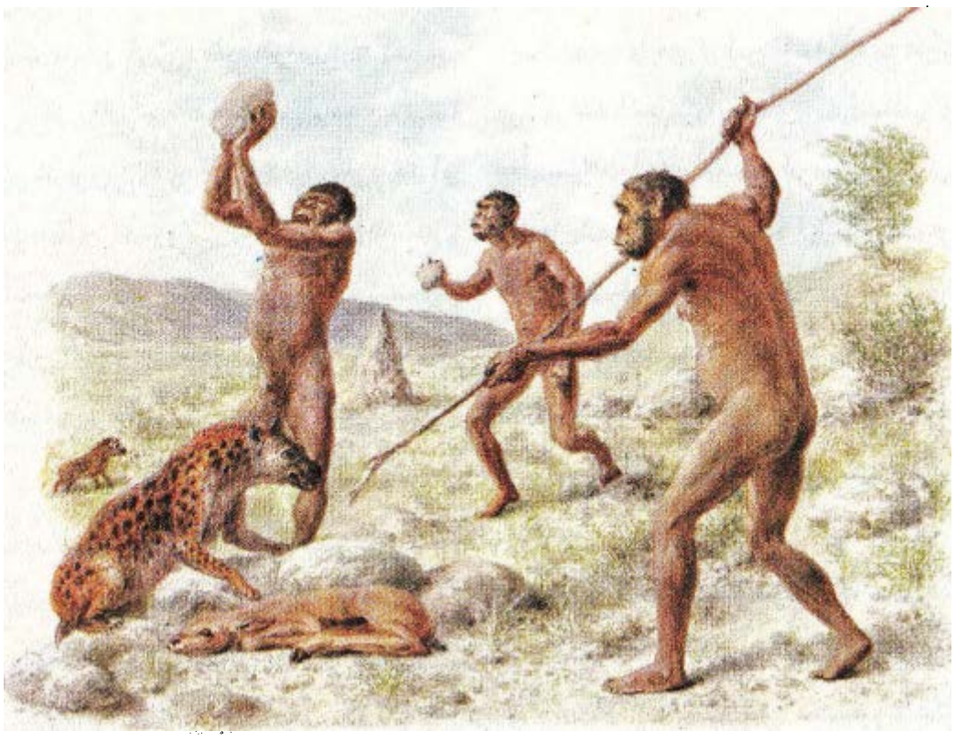
انسان ریختهای زنده عبارتنداز شمپانزه و گوریل ،که بیشترروی زمین به‌سرمی‌برند ،و ژیبون و اورانگوتان، که با زندگی روی درختان سازگار شده اند . همهٔ آنها فاقد دم اندکه از مشخصات بوزینه هاست . ظاهرا" همهٔ آنها ،احتمالا" جز ژیبونها ،از انسان ریختهایی اشتقاق یافته‌اند که خصوصیات کلی انسان ریختی داشتند و در دوره های میوسن و پلیوسن‌درقارهٔ‌قدیمی‌پراکنده‌بودند. **دریوپیتکوس** (پروکنسول) که شامل انواع متعددی با نسبتهای بدنی

انسان ریختی بود ،احتمالا" اجداد آدمی را به‌وجودآورده‌اند . (تصاویر از روی‌نظریهٔ‌بسیاری‌از صاحبنظران رسم شده اند) .

تیرهٔ آدمیان که در دو میلیون سال اخیر ظاهر شده است ،شامل سه جنس است . دو جنس این تیره منقرض شده اند . به علت کمیاب بودن فسیلهای نخستینی ها و شاید به سبب علاقهٔ شدیدی که به کشف منشاء انسان وجود دارد ،دربارهٔ خویشاوندی انواع خاص آدمیان در میان‌الگوی وسیع گسترش تکاملی ،اختلاف‌نظر وجود دارد .در حال حاضر نیزکشفیات جدید صورت می گیرد و آنچه در اینجا بیان شده است ممکن است بعدا" تغییر پذیرد .

راماپیتکوس ، یکی از انواع تیرهٔ آدمیان که هنوز به خوبی شناخته نیست ، در سنگهای اواخر میوسن‌و پلیوسن‌هندوستان و افریقا پیداشده است . الگوی دندانهایش‌حدود نیمدایره‌ای‌نشان‌می‌دهد و این‌بیشتر





به الگوی دندانهای آدمیان امروزی شباهت دارد تا الگوی چهارگوش دندانهای انسان ریختها . دربارهٔ بخشهای دیگر اسکلت اطلاعات کمی در دست است و به همین علت نقاشی بالا بسیار تقریبی است. اما الگوی دندان چنان به الگوی دندان آدمی شباهت دارد که احتمال دارد **راماپیتکوس** خویشاوند نزدیک آدمی امروزی باشد .

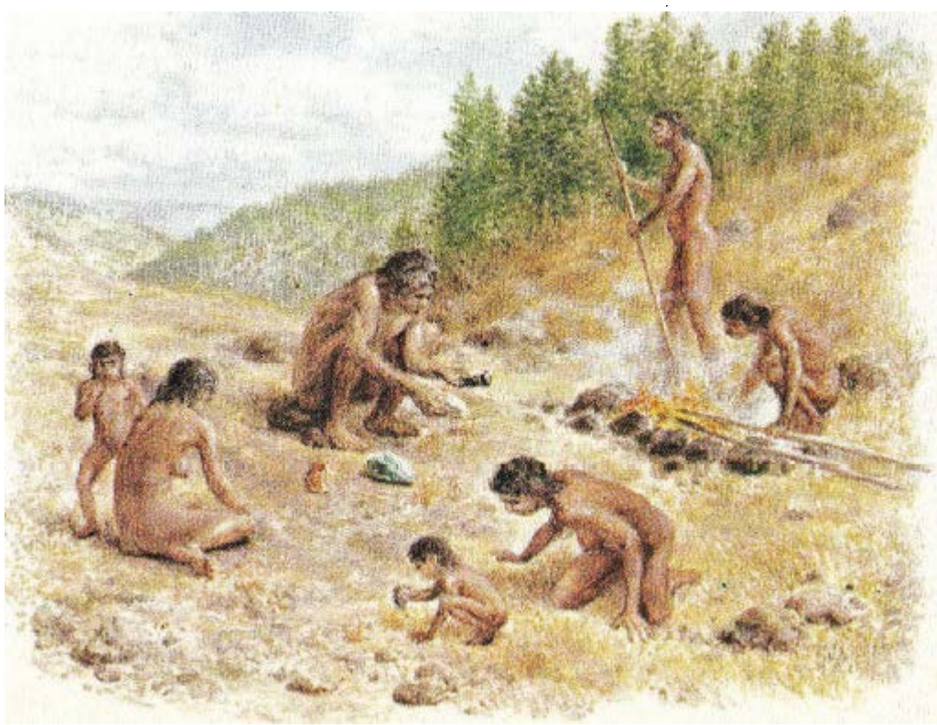
اوسترالوپیتکوس (انسان ریخت جنوبی) نیز از خویشاوندان نزدیک آدمیان امروزی به حساب می‌آید و احتمال دارد که در زمرهٔ اجداد مستقیم جنس **هومو** (**Homo**) باشد که ما نوع خودمان، یعنی **انسان هوشمند** (**Homo Sapiens**)، را نیز از آن جنس می دانیم .

اوسترالوپیتکوسها که زمانی در آفریقا گسترش داشتند ، به طوری که امروزه معتقدند از دو نوع بودند . روی زمین زندگی می کردند و قد آنها به ۱/۲۰ مترمی‌رسید . اما قائم می‌ایستادند . استخوانهایی که همراه بقایای آنها پیدا شده اند معلوم

می‌دارندکه‌گوشتخواربوده‌اند،اما این نکته‌مسلم نیست . ازنظرالگوی‌دندانی و شکل کلی‌جمجمه بسیاربه آدمی شبیه بودند ، اگرچه آرواره ها و قوسهای ابرویی برجسته داشتند . گنجایش جمجمه آنها ۶۰۰ سانتیمتر مکعب بود که معادل‌نصف گنجایش جمجمه آدمیان امروزی است .

این که ابزارهای سنگی زمخت همراه فسیلهای آنها ، ساخته‌ٔ خود آنها بوده و مورد استفاده‌ٔآنها قرار می گرفته اند ، یا متعلق به اعقاب و معاصرانشان ، یعنی هوموارکتوس بوده‌اندموردتردیداست.استراپیتکوس درحدود نیم میلیون‌سال‌پیش منقرض شد . کشفیات جدید در کنیا معلوم داشته‌اندکه انواع‌قدیم‌آنها ازحدود ۲/۶ میلیون‌سال پیش می‌زیسته‌اند .

آدمی‌چیست ؟ پاسخ دادن به این پرسش ، هنگامی که دربارهٔ فسیلها باشد ،بسیار دشوار است . بهتر آن است که کلمهٔ " آدمی " را به نوع ما، یعنی به " انسان اندیشمند" (Homo Sapiens) ،اختصاص دهیم و دیگر انواع‌خویشاوند را "پیش‌آدمی" به حساب آوریم ،اگرچه بعضی‌از جانداران آدمی‌مانند دارای خصوصیت ابزار سازی آدمی اند .آدمی‌کنونی در حدود ۵۰۰٬۰۰۰ سال پیش ظاهر شده است .



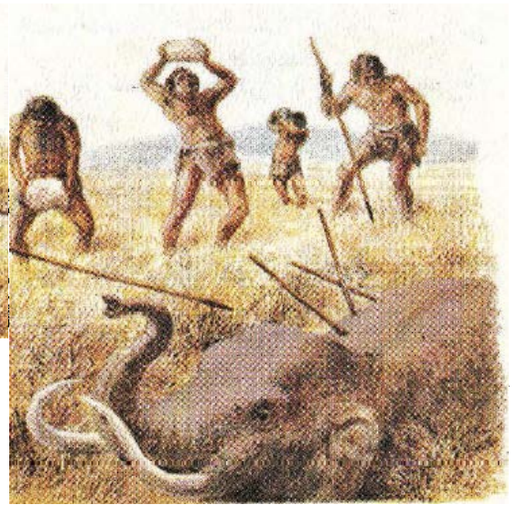
هوموارکتوس را ازروی‌فسیلهایی‌می‌شناسند که در رسوبات پلئیستوسن یافت شده اند و قدمت‌آنها بین ۷۵۰٬۰۰۰ تا ۲۰۰٬۰۰۰ سال پیش است. اگرچه آنها را با نامهای‌دیگر (بیشتر پیتک آنترپوس) نامیده اند، افرادی‌ازنوع‌آنها را در جاوه ،چین، افریقا و آسیا پیدا کرده‌اند. هوموارکتوسها قائم می‌ایستادند و روی زمین زندگی می‌کردند و ابزارهای گوناگون می ساختند و ظاهرا" صیاد بودند. هوموارکتوس، که ساخت و ظاهری شبیه آدمی داشت ،گنجایش جمجمه‌اش بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ سانتیمترمکعب‌بود ،یعنی‌بین‌گنجایش جمجمهٔ اوسترالوپیتکوس و آدمی امروزی. هوموارکتوس همعصر وشاید رقیب آخرین اوسترالوپیتکوسها بود و از اوسترالوپیتکوسهای‌قدیم‌اشتقاق یافته بود. هوموارکتوس آتش به کار می برد و زندگی‌دسته جمعی‌داشت.

آدمی کنونی، یا آدمی‌اندیشمند ظاهرا" از هوموارکتوس اشتقاق‌یافته است. این‌دو نوع‌به مدت ۲۰۰٬۰۰۰ سال همعصر بودند. آدمی کنونی خصوصیتش این‌است که قوس ابرویی و آرواره‌هایش کمترازدیگرانواع‌تیرهٔ آدمیان برجسته است، ولی مغزش بزرگتر از آنهاست (به طورمیانگین ۱۳۵۰ سانتیمتر مکعب).

در فسیلهایی‌که تاریخ آدمی‌را نشان می دهند، چند نژادتشخیص داده شده است. انسان نئاندرتال، که زمانی نوع متمایزی پنداشته‌می‌شد ،نژادی‌بودباقوس‌ابرویی‌برجسته و صاحب ماهیچه های قوی. نژاد کرومانیون که بعد از آن زندگی می‌کرد ،سیمایی‌شبیه‌سیمای‌آدمی‌امروزی داشته است. اگر چه این تفاوتها واقعی‌اند اما نظیرتفاوتهای‌نژادهای آدمیان کنونی اند که غالبا" باهم ازدواج می کنند.

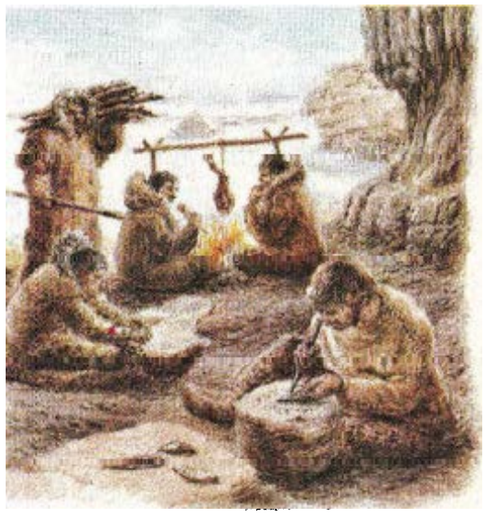
انسان نئاندرتال که اکنون یکی از نژادهای نوع ما به حساب‌می آیداز ۱۱۰٬۰۰۰ سال تا ۳۵٬۰۰۰ سال پیش، در دوره ای که مقارن سه بار پیشروی یخچالها بود ،در سرتاسر اروپا ناحیهٔ مدیترانه وبخشهایی‌از آسیای صغیر می زیسته است. انسان نئاندرتال در غار زندگی می کرده ،

انسان نئاندرتال



انسان کرومانیون

با مهارت ابزار می‌ساخته و صیاد بوده است، بر خلاف آنچه غالبا" در تصویرها نشان داده می شوند وحشی و کودن نبوده اند.



انسان کرومانیون درحدود ۳۵٬۰۰۰ سال پیش، احتمالا" از خاورمیانه به اروپا مهاجرت کرده و جای انسان نئاندرتال را گرفته است. انسان کرومانیون سیمای آدمی کنونی را داشته است. ابزارهایی عالی می ساخته و شاهکارهای نقاشی و مجسمه‌سازی به‌وجود آورده است.

تکامل ابزارها، سلاحها، اجتماعات و فرهنگها زاییدهٔ تکامل بدنی و ذهنی آدمی و نیزمنعکس کنندهٔ آنند. کمال روز افزون کار آدمی چون یک افزارمند، با دید دو چشمی و افزایش مهارت یدی و استعداد ذهنی او همزمان بوده است.

قدیمیترین ابزارهایی که احتمالا "به کار می رفتند، بی آنکه ساخته شده باشند، شامل سنگهای گوناگونی بودند که طبیعت بدانها شکلهای مناسب داده بود. بعدا" ابزارهایی از روی عدم مهارت به صورت تبر یا وسیلهٔ خراشیدن ساخته شدند. سپس تیغه‌ها و سر نیزه هایی که با ظرافت از مواد مختلف از جمله استخوان تهیه شده بودند، تدریجا "جای آنها را گرفتند.

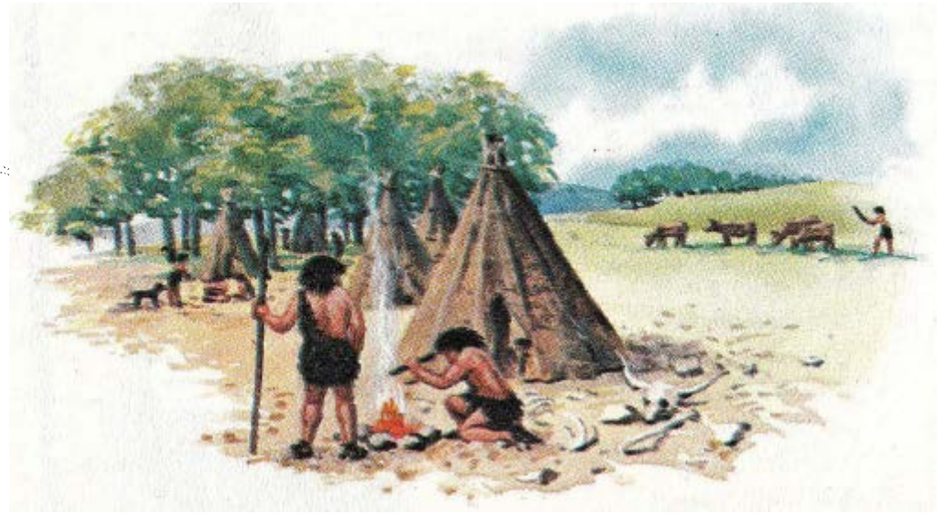
در حدود ۱۰٬۰۰۰ سال پیش بود که فرهنگ قدیمی ابزارهای تراشیده، یعنی فرهنگ پارینه سنگی در اروپا به پیدایش **نوسنگی**، که نشانهٔ آن ابزارها و سلاحهای ساییده و صیقلی بود، انجامید. در حدود ۵٬۰۰۰ سال پیش آدمی آموخت که ابزارهای فلزی بسازد. هنوز بعضی از مردم در" عصر استفاده از سنگ" به سر می برند.

تکامل فرهنگی آدمی از روی نقاشیهای روی دیوار غارها و کنده کاریهایی شناخته شده است که قدمت آنها تقریبا "۲۸٬۰۰۰ سال است. هردوی اینها نمایشهایی از صید حیوانات و بارآوری است. امکان دارد که این نقاشیها و کنده‌کاریها مفاهیم " جادویی " داشته اند.

اعتقاد کهن آدمی به بقای بعد از مرگ از آنجا معلوم می شود که اسکلتهایی از انسانهای نئاندرتال و کرومانیون به حالت خوابیده یا به وضعی که جنین در شکم مادر دارد، یافته اند که ابزارها و نشانه هایی همراه آنها قرار داده بوده‌اند تا در زندگی جدید آنها مورد استفاده قرار گیرند.

تکامل جامعه های انسانی از سازگاری فزایندهٔ آدمی به محیطش ناشی شده است. رویدادهای مهمی چون کشف و استفاده از آتش به‌وسیلهٔ هوموارکتوس و گسترش کشت غلات، دامپروری و کوزه گری به وسیلهٔ انسانهای عصر نوسنگی، در الگوی زندگی آدمی تغییرات اساسی به‌وجود آورده اند. آدمیان که در آغاز صیادانی چادرنشین و گیاهخوار بودند، توانستند بعدا "خانه بسازند و به‌صورت دسته‌هایی مقیم درنقاط مختلف گرد هم آیند.

لزوم برقراری ارتباط با یکدیگر به پیدایش زبان انجامید که پیوسته پیچیده تر و ظریفتر می شد، افزایش عدهٔ افراد اجتماعات لزوم تقسیم کارهای‌لازم برای‌بقا و ابداع‌بعضی از انواع‌حکومتها را پیش‌آورد. دربارهٔ پیشرفت‌این امور اطلاعات کم در دست داریم زیرا تا حدود ۵٬۰۰۰ سال پیش هنوز نوشتن اختراع نشده بود. تاریخ ثبت‌شدهٔ قدیم،بسیار پراکنده است،اما در مورد بعضی از قسمتهای جهان مثل مصر،از دیگر جاها بسیار کاملتر است. از جامعه های قدیمتر و زبانهای ثبت نشدهٔ آنها، برخلاف ابزارهای آدمیان قدیم، اثری در سنگها برجای نمانده است.



مفهـــوم تکامل

بعضی از پیشوایان دینی ،حتی پیش از آنکه داروین کتاب " اصـــل انواع " را انتشار دهد ، به نظـریهٔ تکامل می تاختند زیرا آن را واژگون کنندهٔ اساس دین می‌پنداشتند و حال آنکه عده ای دیگر آن را ،با آغوش باز ،به عنوان‌نظری‌جدید دربارهٔ کارخداوند در آفرینش جهان‌پذیرفتند . تئوری سازان معتقد به تکامل اعلام داشتند که تکـامل ، تاکتیکهای‌مبارزه جویانهٔ سیاسی را تائید می کند .دیگران آن را به این عنوان که نمایشگر اجتناب‌ناپذیر بودن پیشرفت سیاسی هماهنگ است تصدیق‌کردند .بعضی از اقتصاد دانان آن را تائیدی بر سیاست اقتصادی" تجارت آزاد "می‌ـ پنداشتند و حال‌آنکه معدودی از دانشمندان آن را پایهٔ‌آیین‌اخلاقی‌نوین به حساب می آوردند . بعضی از نویسنـــدگان عوام پسند ، درحالی که به اعتقادات‌دینی سنتی می تاختند ،تکامل را چون دین‌جدیدی پذیرفتند . به ندرت اتفاق افتاده است که یک تئوری علمی ، با این سرعت ، همه‌چیز همگان شود . به ندرت اتفاق افتاده است که یک فرایند طبیعی با چنیـــن سهل انگاری پایهٔ تفسیر همهٔ الگوی زندگی آدمی قرار داده شود .

کاریکاتور و شعر زیر داروین گویای علاقهٔ مردم عصر ملکه ویکتوریا به مفهوم تکاملی است .

آیا من انسانم یا دیو مرد؟
لطفا" مرا بگوئید چه کس می تواند
جای مرا بر بلکان‌تکاملی تعیین کند
انسانی میمون سان ،
میمونی انسان نما ،
یا بوزینه‌ای دم بریده ؟
اندامهای تحلیل رفته می آموزند
که همه در نتیجهٔ "پیشرفت" به ـ
اصطلاح " تدریجی " ،
از هیچ به وجود آمده اند .
حیوانات و گرمها ،
از طریق تغییر زیاد ،
به صورتهای عالیتری در آمده اند .
آنگاه داروین بیان کرده است ،
در کتابی ارزنده ،
اهمیت" انتخاب طبیعی" را .

کاریکاتوری از عصر ملکهٔ ویکتوریا داروین و احدادش را بسان می دهد.

پی‌آمدهای تکامل

فرایند تکامل یک واقعیت است. قرائن و شواهد بسیار بر پیدایش انواع جدید از طریق تغییر شکل انواع اجدادی پس از گذشت زمان طولانی وجود دارند. اگرچه مکانیسم آن هنوز صورت تئوری دارد، با وجود این مدارک قانع کننده ای وجود دارند که نشان می‌دهند انتخاب طبیعی و تفاوتهای وراثتی وجدا ماندن، از اجزای اصلی تکامل اند (صفحهٔ ۱۰۸).

تکامل، چون هر فرایند طبیعی یا تئوری علمی، از نظر دین بیطرف است. تکامل، مکانیسمها را شرح می‌دهد نه مفهوم را. و بر پایهٔ شناخت ترتیب استوار است و متضمن هیچ استنتاجی دربارهٔ منشاء آن ترتیب، و هدف دار یا بی هدف بودن آن، نیست.

اگرچه تکامل شامل تفسیر رویدادهای طبیعی به وسیلهٔ فرایندهای طبیعی است اما برهیچ گونه استنتاجی دربارهٔ سرچشمهٔ اصلی، مفهوم مواد، رویدادها یا فرایندها مبتنی نیست و نیز چنین استنباطی را فراهم نمی کند.

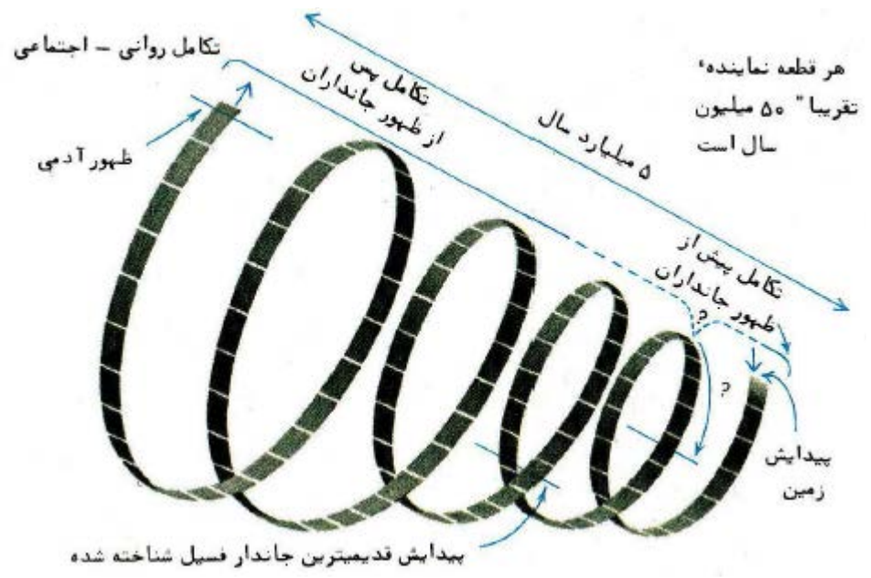
تکامل دربارهٔ نظامهای سیاسی

یا اقتصادی هیچ‌گونه استنتاج آشکاری نمی کند. نیز از سیاست تکامل‌گرا (هرچه می خواهد باشد) به همان اندازه حمایت می کند که قانون دوم ترمودینامیک از بی‌نظمی سیاسی یا هرج و مرج اقتصادی.

تکامل، هیچ بنیادی اخلاقی عرضه نمی‌کند. به خودی خود مسلم نیست که بقا عالیترین خوبیها باشد، و همهٔ وسایل تاءمین آن پسندیده باشند. " تی. اچ. هاکسلی " می‌نویسد: پیشرفت اخلاقی جامعه به تقلید از فرایند کیهانی و نیزگریز از آن وابسته نیست بلکه به مبارزه با آن بستگی دارد.

تکامل برای آدمی چشم اندازی فراهم می کند، وبنابراین سهم مهمی در شناخت آدمی دارد. شناخت عظمت زمانی عمر زمین، و مقیاس شگفت‌انگیز ابعاد کیهانی، و فرایندهایی‌که در دورهٔ طولانی تکامل پیش از پیدایش جاندار، به وقوع پیوسته اند، و مقام آدمی در میان انواع بی حساب جاندارانی که بر سطح سیارهٔ کم مایهٔ ما به سر می برند، همه و همه به آگاهی‌آدمی و حفظ او به هنگام رویارویی با مبارزه جوییها و معضلات و راز وضعیت انسانی اش یاری می کنند.

نوع آدمی که محصول‌تکامل جهان آلی است، امروزه برای مهارکردن گسترش جانداران بر روی زمین دارای همه گونه قدرت فنی است، مگر آنکه



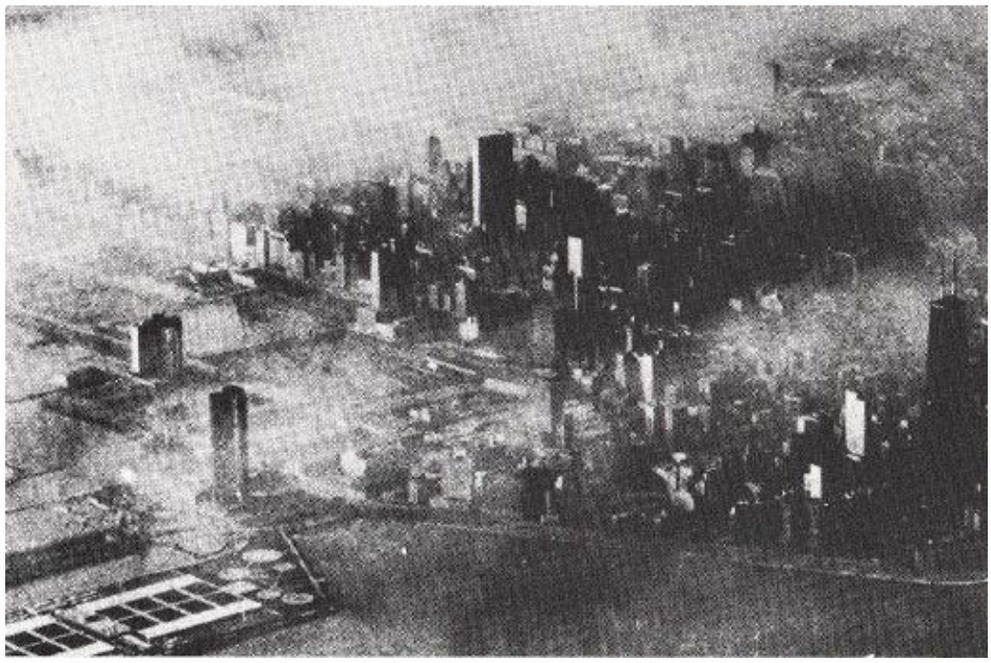
نخواهد چنین مهاری را اعمال کند. تکامل روانی ــ اجتماعی، اکنون جای فرایندهای قدیمیتر تکامل جهان آلی را در اجتماعات انسانی گرفته است. دانش، سنتها، ارزشها، و مهارتها در حال حاضر از طریق کتابها و موٴسسات آموزشی از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود، نه آنکه "به صورتی تصادفی" از نو به وسیلهٴ هر فرد آموخته شود.

تکامل آتی آدمی، و دیگر انواع، و شاید تکامل همهٴ اکوسیستم پیچیده ای که ما جزئی از آنیم اکنون در مخاطره است. آلودگی اتمسفر، که هستی ما بدان وابسته است در بیشتر ناحیه‌های جهان، اکنون به بحرانی رسیده است که ابعادی وسیع دارد. کاهش سریع منابع کالاهایی اساسی مثل نفت و بسیاری از فلزات نه تنها آیندهٴ تولیدات صنعتی را تهدید می‌کند، بلکه جامعه هایی را که شالودهٴ تکنولوژیک دارند نیز به مخاطره افکنده است. انفجار پیوستهٴ جمعیت انسانی، بخصوص در ناحیه هایی از جهان که کمتر صنعتی شده اند، امکان وحشت زای قحطی و فقر کاملا" گسترده را در ۳۰ سال آینده بیشتر کرده است.

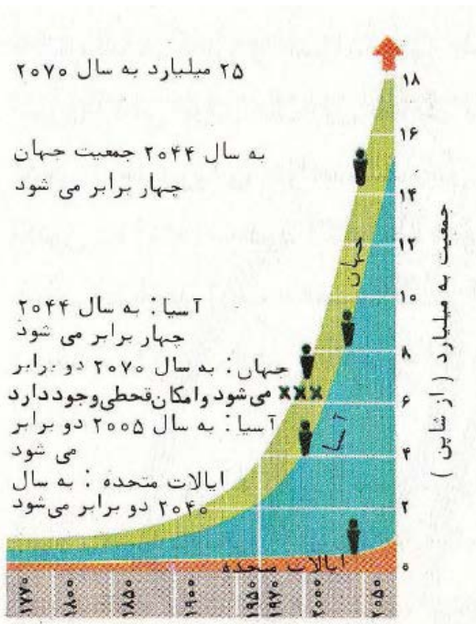
آدمی قدرت فنی حل این سه مشکل مهم را در اختیار دارد: آلودگی، کاهش منابع کانی و افزایش بی حساب جمعیت. این که خرد و خواست و انرژی آدمی برای حل این مسائل به کار خواهد رفت یا نه، مسئله ای است که در آینده روشن خواهد شد. این که آیندهٴ فرایند کهنسال جهان آلی، اکنون به انتخاب خود آگاهانهٴ آدمی بستگی پیدا کرده است که خود محصول همان فرایند است، قضیهٴ طنز آمیزی است. این خطر مبارزه جویی و انتخاب، آدمی را در مخاطره ای همگانی و امیدی همگانی در گیر کرده است.

جستجوی طولانی آدمی برای یافتن مفهوم این مسائل و راه حلهای آنها، هیچ پاسخی از ناحیهٴ تکامل به دست نداده است. اکنون دیگر آدمی خود باید زمینه را برای آینده فراهم کند: دربارهٴ شناخت اخلاقی

فراتر از بقا ، هدفی فراتر از سود ، و دیدی از حیات که از دید مکانیسم و فرایند فـراتر باشد . بقای نوع آدمی و سیر آینـدهٔ تکامل به این وابسته است که آدمیان و ملتها به چنین تعهدات دسته جمعی گردن نهند .



آلودگی ایمسفر در ناحیه های صنعتی مسئله ای است که ابعاد جهانی دارد .رقابت جمعیت در حال افزایش بر سر تصاحب منابع طبیعی محدود خطر جدی و فزایندهٔ قحطی جهانی را به بار آورده است .آهنگ های افزایش جمعیت جهان این نمودار را به وجود می آورند که جمعیت جهانی به سال ۲۰۷۰ . در حدود ۲۵ میلیارد خواهد بود .



واژه نامـــه

Aonidella aurantii	آئونیدلا اورانتی‌ای
Sea Squirt	آب پران دریایی
Adenosine Triphosphate A.T.P.	(آ.ت.پ)
Hominoids	آدمی مانندها
Ribonucleic acid (RNA)	آر.ان.ا
Armadilo	آرمادیلو
Araucaria	آروکاریا
Gill	آب شش
Protozoans	آغازیان
Plague	آفت
Chameleon	آفتاب پرست
Agnata	آگناتا
Allotrope	آلوتروپ
Amblypod	آمبلی پود
Anaphase	آنافاز
Antiarch	آنتیارک
Ancon	آنکون
Vascular	آوندی
Eobasileus	ائوبازیلئوس
Eocene	ائوسن
Eospermatopteris	ائوسپرماتوپتریس
Community	اجتماع
Ancestors	اجداد
Descendants	اخلاف
Adenine	ادنین
Ediacara	ادیاکارا
Edinburgh	ادینبورو
Interdependence	ارتباط متقابل
Arthrodire	ارترودیر
Platypus	اردک منقار
Eryops	اریوپس
Spassky	اسپاسکی
Sporophyte	اسپوروفیت
Streptomycin	استرپتومایسین
Stromatolite	استروماتولیت
Sphenopsid	اسفنوپسید
Squid	اسکوید
Nucleic acid	اسید نوکلئیک
Descent by Moditication	اشتقاق همراه تغییر
Escherichia coli	اشریشیا کولی
Origin of Species	اصل انواع
Differential	افتراقی
Acanthodian	اکانتودین
Acquired	اکتسابی
Ecuador	اکوآدور
Ecosystem	اکوسیستم
Pattern	الگو
Allel	الل
Amino-acid	امینو اسید
Natural selection	انتخاب طبیعی
Ape	انسان ریخت (میمونهای بی‌دم)

Baboon	بابون	Anthropoids	انسان مانندها
Base	باز	Parasite	انگل
Bushbaby	باش بیبی	Plasmodium	انگل مالاریا
Ray-finned	باله شعاعی	Obellata	اوبلاتا
Boveri,T.	باوری،تی	Opossum	اوپوسوم
Brachiopode	براکیوپود	Odessa	اودسا
Brian W.J.	بریان،ویلیام،جی.	Uracil	اوراسیل
Bryozoan	بریوزوئر	Orangutan	اورانگوتان
Bryophyte	بریوفیت	Ordovician-	اوردوویسیان
Arthropods	بند پایان	Ursus Spelaeus	اورسوس اسپلئوس
Burgess Shale	بورگس شل	Orchid	اورکید
Biston betularia	بید خالدار	Eurypterid	اوریپتراید
Beaver	بیدستر	Ozone	اوزون
Beagle	بیگل	Ornitischian	اورنی تیسکیان
Invertebrate	بی مهره	Osteichtyes	اوستئیکتیس
Parus intermedius	پاروس اینترمدیوس	Osteolepis	اوستئولپیس
Parus cinereus	پاروس سینرئوس	Ostracoderm	اوستراکودرم
Parus major	پاروس ماژور	Australopithecus	اوسترالوپیتکوس
Parus minor	پاروس مینور	Eusthenopteron	اوستنوپترون
Paleolithic	پارینه سنگی	Ophrys	اوفریس
Pasteur, louis	پاستور، لوئی	Oxyaena	اوکسینا
Pachycghala pectoralis	پاکی سفالا پکتیور الیس	Olenellus	اولنلوس
		Oligocene	اولیگوسن
Paleozoic	پالئوزوئیک	Uninthatherium	اونیناتریوم
Paleocene	پالئوسن	Icterus	ایکتروس
Paleosyops	پالئوسیوپس	Ichthyosaur	ایکتیوزور
Pterodactyle	پترودااکتیل	Ichthyostegid	ایکتیوستژید
Distribution	پراکندگی	Ichtyostega	ایکتیوستگا
Sea pen	پر دریایی	Iguana	ایگوانا

Precambrian	پر کامبرین
Permian	پرمین
Flier	پرواز کننده
Protein	پروتئین
Protoplasm	پروتوپلاسم
Protolepidodendron	پروتولپیدودااندرون
Prophase	پروفاز
Oriole	پری شاهرخ
Recessive	پسرفته
Psuedonestor	پسوادونستور
Psittirostra kona	پسیتی روستراکونا
Psilopsid	پسیلوپسید
Placoderme	پلاکودرم
Pleistocene	پلئیستوسن
Pensilvanian	پنسیلوانین
Pneumococcus	پنوموکوکوس
Polyploidy	پولی پلوئیدی
Dynamic	پویا
Pittsburg	پیتزبورگ
Pithecanthrope	پیتک آنتروپ
Prosimiens	پیش میمونها
Messenger	پیک
Continuily	پیوستگی
Tapir	تاپیر
Tarsier	تارسیر
Taxonomy	تاکسونومی
Abstraction	تجرید
Vestigial	تحلیل رفته
Transmutation.	تحول
Fermentation	تخمیر
Level	تراز
Therapsid	تراپسید
Tracheophyte	تراکئوفیت
Blackbird	ترقه
Synthesis	ترکیب
Triassic	تریاس
Triceratops	تری‌سراتوپس
Theriodonte	تریودونت
Comparative anatomy	تشریح مقایسه‌ای
Variability	تغییر پذیری
Evolution	تکامل
Textularia	تکستولاریا
Thecodonte	تکودونت
Telophase	تلوفاز
Struggle for existence	تنازع بقاء
Contradiction	تناقض
Sloth	تنبل
Tit	تیت
Titanothere	تیتانوتر
Family	تیره
Thymine	تیمین
Toxodon	توکسودون
Producer	تولید کننده
Reproduction	تولید مثل
Constancy	ثبات
Society	جامعه
Living creature	جاندار
Replacement	جایگزینی

Devries, Hugo	دووریس، هوگو
Devonian	دوونین
Deoxyribonucleic acid DNA	دی.ان.ا
Diploid	دیپلوئید
Diplovertebron	دیپلوور تبرون
Paleontology	دیرین شناسی
Dinosaur	دینوزور
David Lack	دیوید لاک
Democritus	ذیمقراطیس
Order	راسته
Drift	رانش
Ramapithecus	راماپیتکوس
Wright, Sewal	رایت، سیوال
Classification	رده‌بندی
Class	رده
Redi, Francesco	ردی، فرانچسکو
Growth	رشد
Colorblindness	رنگ کوری
Pigment	رنگیزه
Superfamily	روتیره
Foraminifera	روزن داران
Ray, John	ری، جان
Thallophyte	ریسه‌دار
Shrew	زباب
Code	زبان رمز
Subatomic	زیر اتمی
Subspecies	زیر نوع
Biological	زیست شناختی
Biology	زیست شانسی
Isolation	جدا ماندن
Placental	جفت دار
Algae	جلبکها
Genera	جنس
Sexual	جنسی
Embryology	جنین شناسی
Mutation	جهش
Burrower	حفر کننده‌ٔ زمین
Missing link	حلقهٔ مفقوده
Life	حیات
Gene pool	خزانهٔ ژن
Crawler	خزنده
Mosses	خزنده‌ها
Spontaneous generation	خلق‌الساعه
Guinea pig	خوکچهٔ هندی
Dobzhansky	دابزانسکی
Darwin, Erasmus	داروین، اراسموس
Darwin, Charles	داروین، چارلز
Drepanidid	درپانیدید
Drosophila	دروزوفیلا (مگس میوه)
Dryopitheus (Proconsul)	دریوپیتکوس
Ricipe	دستور
Implication	دلالت ضمنی
Recombination	دوباره ترکیب شدن
Purebred	دودمان خالص
Cycle	دور
Dorset	دورست
Spindle	دوک
Dunklosteus	دونکلوستئوس

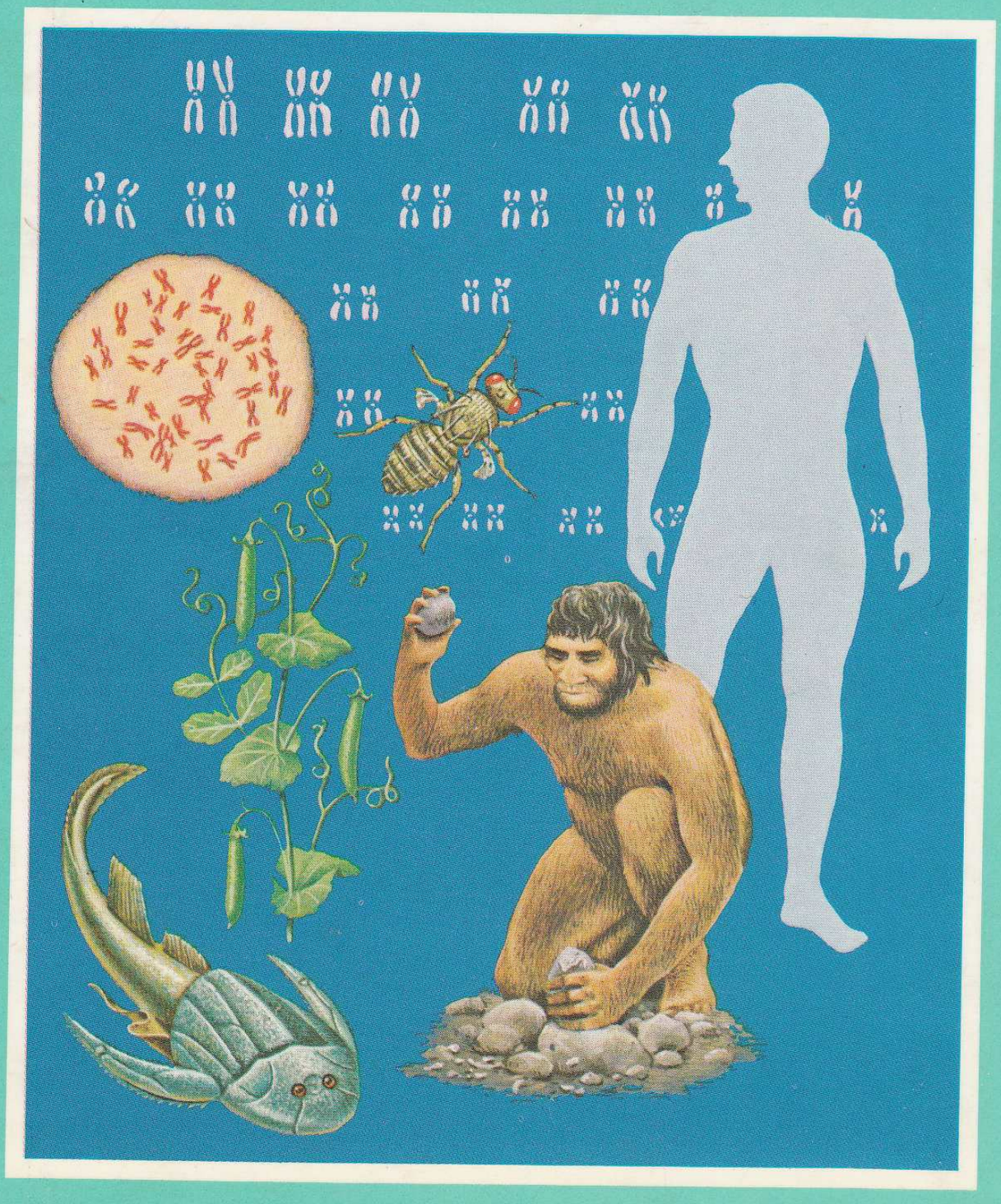
Shrewsbury	شروزبری	Biochemistry	زیست شیمی
Lung	شش	Gene	ژن
Pupae	شفیره	Ginkgo	ژنکو
Swimmer	شناگر	Genotype	ژنوتیپ
Short horn	شورت هورن	Jurassic	ژوراسیک
Meteorite	شهابسنگ	Sutton. Walter S.	ساتن .والتر .اس
Variety	صنف	Adaptation	.سازگاری
Predator	صیاد	Preadaptation	سازگاری‌از پیش
Chordates	طنابداران	Centrosome	سانتروزوم
Factor	عاملی	Cephalopodes	سر پایان
Liwer wort	علف جگری	Ferns	سرخسها
Herbivore	علفخوار	Serology	سرم شناسی
Genetics	علم وراثت	Caecilians	سیسیلیان
Dominant	غالب	Phylogeny	سلسلة‌النسب
Photosynthesis	فتوسنتز	Gamete	سلول جنسی
Frequency	فراوانی	Zygote	سلول‌تخم
Process	فرایند	Sickle-cell	سلولهای داسی
Fossil	فسیل	Mink	سمور
Seal	فک	Cenozoic	سنوزوئیک
Felis catus	فلیس کاتوس	Saurischian	سوریسکیان
Felis leo	فلیس لئو	Finch	سهره
Phenacodus	فناکودوس	Planete	سیاره
Phenotype	فنوتیپ	Cytosine	سیتوزین
Fucus	فوکوس	Cycad	سیکاد
Phytoplankton	فیتوپلانکتون	Silurian	سیلورین
Fungi	قارچها	Sympatric	سیمپاتریک
Capuchin	کاپوشین	Cynognatus	سینوگناتوس
Catalyst	کاتالیزور	Phylum	شاخه
Chrcarodon	کارکارودون	Similarity	شباهت

Castoroid	کاستوروئید	Cordaite	کوردائیت
Cactus	کاکتوس	Coryphodon	کوریفودون
Calamophyton	کالاموفیتون	Cocos	کوکوس
Anatomy	کالبد شناسی	Chondrichtyes	کوندریکتیس
Cambrian	کامبرین	Condylarth	کوندیلارتر
Gametophyte	گامتوفیت	Cuvier, George	کوویه، ژرژ
Camelus	کاملوس	Chiasmata	کیاسماتا
Bible	کتاب مقدس	Cheirolepis	کیرولیپیس
Kettlewel H.B.D.	کت‌ول	Marsupial	کیسه دار
Crossing-over	کراسینگ اوور	Galapagos	گالاپاگوس
Creodonte	کرئودونت	Pollination	گرده افشانی
Carboniferous	کربونیفر	Statement	گزارهٔ خاص
Cretaceous	کرتاسه	Glyptodon	گلیپتودون
Wormliks	کرم مانندها	Guanine	گوانین
Crossopterigian	کروسوپتریژین	Gorilla	گوریل
Chromatid	کروماتید	Diversity	گوناگونی
Cromagnon	کرومانیون	Flowering plants	گیاهان گلدار
Chromosome	کروموزوم	Universe	گیتی
Cladoselache	کلادوسلاش	Labyrinthdont	لابیرنت دونت
Chlorocruorine	کلروکروئورین	Lamarck,Jean Bap-tiste	لامارک، ژان باپتیست
Colloid	کلوئید	Lamprey	لامپری
Sistine Chapel	کلیسای سیستین	Lancelet	لانسلت
Climatius	کلیماتیوس	Lyell,Charles	لایل، چارلز
Anemia	کم خونی	Lemur	لمور
Frail	کم مایه	Lobelia	لوبلیا
Niche	کنج	Loxops Virens	لوکوس ویرنس
Function	کنش	Linnaeus, Karl	لینئوس، کارل
Choanichtyes	کوانیکتیس	Lingula	لینگولا
Kurten.B.	کورتن، بی	Double helix	مارپیچ مضاعف

Marmoset	مارموزت	Miller, Stanely	میلر، استانلی
Malthus, Robert	مالتوس، رابرت	Myelodon	میلودون
Mammoth	ماموت	Meiosis	میوز
Nature	ماهیت	Miocene	میوسن
Metabolism	متابولیسم	Conflict	ناسازگاری
Metaphase	متافاز	Transfer	ناقلی
Conifers	مخروط داران	Binomial Nomenclature	نامگذاری دو اسمی
Lyrebird	مرغ بربط	Neanderthal	نئاندرتال
Monotrema	مرغسانان	Neolithic	نئولیتیک
Mortality	مرگ و میر	Primate	نخستی
Mesozoic	مزوزوئیک	Primates	نخستیها
Mesonyx	مزونیکس	Ladder of Nature	نردبان طبیعت
Observer	مشاهده گر	Mollusks	نرم تنان
Consumer	مصرف کننده	Race	نژاد
Mechanist	مکانیست	Utilitarianism	نظریهٔ اصالت سودمندی
Megatherium	مگاتریوم	Gradualism	نظریهٔ تغییر تدریجی
Drosophila	مگس میوه	Catastrophism	نظریهٔ فاجعهٔ بزرگ
Melanism	ملانیسم	Uniformitarianism	نظریهٔ یکنواختی
Melanic	ملانیک	Notarctos	نوتارکوتس
Molucca	ملوک	Notocord	نوتوکورد
Mendel Gregor	مندل، گرگور	Frag tadpole	نوزاد قورباغه
Sicklebills	منقار داسیها	Species	نوع
Echidnae	مورچه خوار خاردار	Newt	نیوت
Morgan T.H.	مورگان. تی. اچ	Adaptative radiation	واگرایی سازگار شونده
Migration	مهاجرت	Wallace A. Russel	والاس.آ.راسل
Vertebrate	مهره‌دار	Wyoming	وایومینگ
Myalina	میالینا	Unity	وحدت
Mitosis	میتوز	Unity of plan	وحدت طرح
Host	میزبان	Heredity	وراثت

Homologous	همساخت	Vernon, Ingram	ورنون، اینگرام
Analogous	همسان	Vitalist	ویتالیست
Convergence	همگرایی	Wilsoni.H.	ویلسونی. اچ
Hemocyanin	هموسیانین	Haploid	هاپلوئید
Hemophilia	هموفیلی	Hutton, James	هاتن، جمز
Hemoglobin	هموگلوبین	Hardy-Weinberg	هاردی واین‌برگ
Hemignathus Obscurus	همیگناتوس اوبسکوروس	Huxley, Thomas	هاکسلی، تامس
Homo erectus	هومو ارکتوس	Hagfish	هاگ فیش
Homozygous	هوموزیگوس	Heterozygous	هتروزیگوس
Yurey, Harold	یوری، هارولد	Herford	هرفورد

تکامل



تالیف

فرانک اچ. تی. رودز

ترجمهٔ

محمود بهزاد