

فصل اول:

آفرینش کیهان و تکوین زمین

@DaneshSad

آفرینش کیهان

پدیده‌های متنوع کیهان
- کهکشان‌ها
- منظومه‌ها
- ستاره‌ها
- سیاره‌ها و ...

نکته

۱) ستاره‌ها و سیاره‌های آسمان شب، تنها تعداد کمی از میلیاردها جرم آسمانی در کهکشان راه شیری است.
۲) اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهد، **کیهان در حال گسترش** و **کهکشان‌ها در حال دور شدن از هم** هستند.

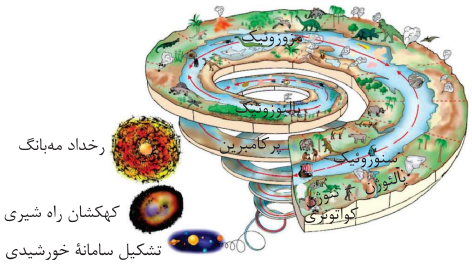
اجزای اصلی کیهان
- ۱) ماده ← واحدهای اصلی تشکیل‌دهندهٔ آن: ذرات بنیادی
- ۲) انرژی

نکته

از برقراری رابطه بین ذرات بنیادی، ساختار جهان هستی تشکیل می‌شود.

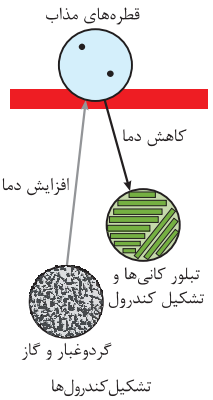
– فرایند آفرینش کیهان –

۱) شروع جهان از نقطه‌ای بسیار کوچک، داغ و چگال ← ۱۳/۸ میلیارد سال پیش
۲) وجود فقط صورتی از انرژی در جهان ← زمان کمی پس از شروع جهان
۳) شروع گسترش بسیار شدید (به نام مه‌بانگ)
۴) سردشدن جهان و توسعه به اطراف ← از زمان مه‌بانگ تاکنون



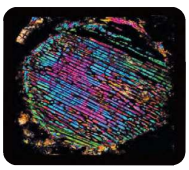
– تشکیل عناصر –

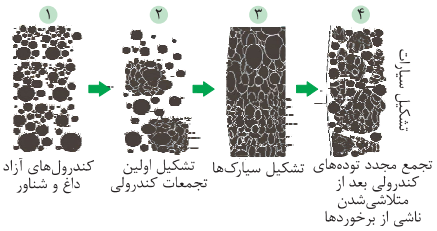
تشکیل هسته‌های اتمی: بعد از پایان گسترش اولیه و از ترکیب ذرات بنیادی تشکیل شدند.
تشکیل پلاسما: هسته‌های اتمی در دریایی از الکترون‌های آزاد شناورشده و حالتی از ماده به نام پلاسما به وجود آمد.
تشکیل نخستین اتم (هیدروژن): با افت دما الکترون‌ها در مدار اطراف هسته‌های اتمی به دام افتادند و نخستین اتم یعنی هیدروژن به وجود آمد.
تشکیل حالت گاز: با تشکیل هیدروژن حالت گاز در جهان تشکیل شد.
تشکیل نخستین ستاره: با تبدیل اتم‌های سبک هیدروژن به اتم سنگین‌تر هلیوم، اولین ستاره در جهان تشکیل شد.
تشکیل عناصر سنگین‌تر: با افزایش واکنش‌های زنجیری، عناصر سنگین‌تر در ستارگان تشکیل شدند.
تشکیل نخستین جامدات به شکل غبار: با تشکیل عناصر و توزیع و سردشدن آن‌ها در جهان، نخستین جامدات به شکل ابرهایی از غبار تشکیل شدند.
تشکیل سحابی‌ها: از تجمع ابرهایی به شکل غبار و گازهای مختلف در اشکال بسیار متنوع، سحابی‌ها تشکیل شدند.
نخستین کانی‌ها: افزایش دما ← ذوب مجدد غبارها ← تشکیل قطره‌های مذاب ← سردشدن قطره‌ها ← تبلور نخستین کانی‌ها
تشکیل کندرول‌ها: از تجمع نخستین کانی‌ها و سولفیدهای آهن و نیکل گلوله‌های کوچک کندرول تشکیل شد.
تشکیل کندریت‌ها: تجمع کندرول‌ها با یکدیگر، باعث تشکیل اجرام بزرگ‌تری به نام کندریت شد.
تشکیل کانی‌های مختلف: تجمع کندرول‌ها ← تشکیل اجرام بزرگ‌تر ← برخورد شدید اجرام با اندازه‌های مختلف ← ذوب و تبلور مجدد آن‌ها ← تشکیل کانی‌های مختلف (کندریت)
تشکیل شهاب‌سنگ: برخورد کندریت‌ها ← ذوب و تبلور مجدد آن‌ها ← رسیدن بقایا (قطعات) کندریت‌ها به زمین ← تشکیل شهاب‌سنگ



تشکیل کندرول‌ها


توده‌های گاز و غبار معروف به ستون‌های آفرینش در سحابی عقاب


تصویر مقطع میکروسکوپی از یک کندرول به اندازهٔ یک میلی‌متر در یک شهاب‌سنگ کندریتی را نشان می‌دهد. کانی‌ها به صورت تیغه‌های کشیده و موازی در کنار یکدیگر متبلور شده‌اند.



تجمع کندرول‌ها و تشکیل سیارات

– تجمع کندرول‌ها و تشکیل سیارات –

تشکیل سیارات: از تجمع توده‌های کندرولی پس از متلاشی‌شدن ناشی از برخورد

@DaneshSad

کهکشان راه شیری

تشکیل کهکشان
- زمان تشکیل: کهکشان‌ها بعد از تشکیل ستارگان تشکیل شدند.
- نحوهٔ تشکیل: بعد از تشکیل ستارگان، بقیهٔ مادهٔ موجود در جهان توسط نواحی چگال‌تر (دارای گرانش قوی‌تر) کشیده شد و نوعی تجمع کیهانی به نام کهکشان تشکیل شد.

اجزای تشکیل‌دهندهٔ یک کهکشان
- تعداد زیادی ستاره
- سیاره
- فضای بین ستاره‌ای (اغلب گاز و گرد و غبار)

نکته

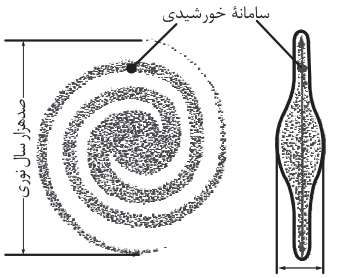
عامل نگهدارندهٔ اجزای کهکشان‌ها در کنار یکدیگر ← نیروی گرانش متقابل

نکته

اندازه‌گیری‌های نجومی نشان می‌دهد که کیهان در حال گسترش است و کهکشان‌ها در حال دورشدن از یکدیگر هستند.

خصوصیات کهکشان راه شیری
- نواری مه‌مانند و کم نور است که شامل انبوهی از اجرام می‌باشد.
- یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته‌شده است.
- سامانه خورشیدی ما در لبهٔ یکی از بازوهای آن قرار دارد.
- شکلی مارپیچی دارد.
- از بالا مارپیچی‌شکل و از پهلو شبیه عدسی محدب است.
- قطر آن ۱۰۰ هزار سال نوری و ضخامت آن حدود ۱۰ هزار سال نوری است.

شرایط مشاهدهٔ کهکشان راه شیری: شب‌های صاف و بدون ابر ـ مکانی به دور از آلودگی نوری



کهکشان مارپیچ‌مانند کهکشان راه شیری

سامانهٔ خورشیدی

آغاز تشکیل سامانهٔ خورشیدی با نخستین تجمعات ذرات کیهانی ← حدود ۶ میلیارد سال قبل

سامانهٔ خورشیدی
- شامل زمین، ماه و دیگر سیاره‌ها است.
- مدار گردش سیارات به دور خورشید **بیضی‌شکل** است.
- جهت حرکت سیارات به دور خورشید **خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت** است.

واحد نجومی

فاصلهٔ متوسط زمین تا خورشید که در حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است، یک **واحد نجومی** یا **واحد ستاره‌شناسی** نام دارد.

نور خورشید **حدود** ۸/۳ **دقیقهٔ نوری** طول می‌کشد تا به زمین برسد.

تکوین زمین و آغاز زندگی در آن

مراحل تکوین زمین	
۱	آغاز شکل‌گیری سامانهٔ خورشیدی از طریق نخستین تجمعات ذرات کیهانی (حدود ۶ میلیارد سال قبل)
۲	تشکیل سیارهٔ زمین به صورت کره‌ای مذاب و قرارگیری آن در مدار خود (حدود ۴/۶ میلیارد سال قبل)
۳	تشکیل قمر زمین (ماه) از برخورد یک جرم آسمانی با زمین (حدود ۴/۴ میلیارد سال قبل)
۴	سردشدن زمین و گذشت زمان و **تشکیل سنگ‌های آذرین** به عنوان نخستین اجزای سنگ‌کره
۵	فوران آتشفشان‌های متعدد و خروج تدریجی گازهای مختلف مانند اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و ... از داخل زمین و ایجاد **هواکره**
۶	سردترشدن کرهٔ زمین و تبدیل بخار آب به مایع و تشکیل **آب‌کره**
۷	تشکیل اقیانوس‌ها و ایجاد **زیست‌کره**
۸	ایجاد چرخهٔ آب و فرسایش و رسوب‌گذاری و تشکیل **سنگ‌های رسوبی**
۹	حرکت ورقه‌های سنگ‌کره و ایجاد فشار و گرمای زیاد در مناطق مختلف و **تشکیل سنگ‌های دگرگونی**

@DaneshSad

نکته

۱) **ترتیب تکوین زمین:** سنگ‌کره ← هواکره ← آب‌کره ← زیست‌کره

۲) **ترتیب تشکیل سنگ‌ها:** آذرین ← رسوبی ← دگرگونی

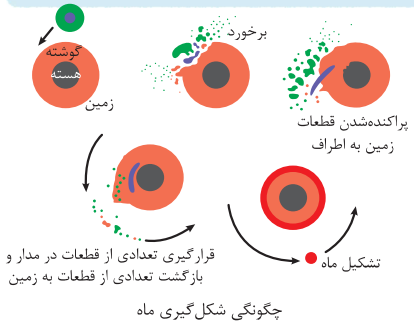
مراحل تشکیل قمر زمین (ماه)

۱) برخورد یک جرم آسمانی به زمین

۲) متلاشی‌شدن کامل جرم آسمانی و حدود $\frac{۱}{۵}$ حجم زمین

۳) پراکنده‌شدن قطعات زمین و جرم آسمانی به اطراف، در فضا

۴) جذب و تجمع قطعات پراکنده‌شده و تشکیل ماه



چگونگی شکل‌گیری ماه

نکته

ابتدا شرایط محیط زیست فراهم و سپس جانداران از ساده به پیچیده خلق شدند.

فسیل‌ها
- آثار باقی‌مانده و بقایای حفظ‌شده از جانداران هستند.
- اهمیت فسیل‌ها: تشخیص روند تغییرات آب و هوایی و زیستی و اقلیمی
- نشان‌دهندهٔ تغییرات اشکال حیات در طول تاریخ زمین‌اند.
- محل تشکیل فسیل‌ها: اقیانوس‌ها، دریاها، رودها، یخچال‌های طبیعی، مواد نفتی، صمغ درختان، معادن نمک و خاکسترهای آتشفشانی
- سنگ‌های دارای فسیل: سنگ‌های رسوبی
- قدیمی‌ترین آثار فسیلی: استروماتولیت‌ها
- نخستین خزنده: هیالونوموس (در ابتدای کربونیفر ـ طول حدود ۱۲ سانتی‌متر)

نکته

سنگ‌های رسوبی
- بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعهٔ گذشتهٔ زمین را دارند.
- به دلیل داشتن فسیل در تشخیص سن لایه‌ها و محیط تشکیل آن‌ها کاربرد دارند. **مثال:** داشتن فسیل مرجان نشان می‌دهد که این لایه در محیط دریایی گرم و کم‌عمق تشکیل شده است.

نکته

وضعیت دایناسورها در پایان دورهٔ کرتاسه
- بسیار بزرگ‌جثه و سنگین‌وزن بودند.
- بسیار متنوع بودند.
- نتوانستند با تغییرات محیطی سازگار شوند.

استروماتولیت‌ها: قدیمی‌ترین آثار فسیلی مربوط به سیانوباکتری‌ها (تک‌سلولی‌های فتوسنتزکننده) در دریاهای کم‌عمق‌اند.

سیانوباکتری‌ها: تک‌سلولی‌های فتوسنتزکننده در دریاهای کم‌عمق است. فعالیت‌های حیاتی آن‌ها در دوران پرکامبرین سبب افزایش میزان اکسیژن و فراهم‌شدن امکان زندگی پرسلولی شد.

سن زمین

اهمیت تعیین سن سنگ‌ها و پدیده‌ها
- ۱) بررسی تاریخچهٔ زمین
- ۲) اکتشاف ذخایر و منابع موجود در زمین
- ۳) پیش‌بینی حوادث احتمالی آینده و ...

نکته

۱) سنگ‌ها مهم‌ترین شواهد برای پی‌بردن به سن رویدادهای گذشتهٔ زمین‌اند.

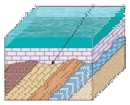
۲) مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های رسوبی، لایه‌لایه بودن است. + هر لایه شواهدی از شرایط محیطی زمان رسوب‌گذاری را در خود حفظ کرده.

ناپیوستگی

- مشخص‌کنندهٔ زمان‌هایی است که رسوب‌گذاری متوقف شده است.
- وقفهٔ ایجادشده در توالی رسوبی تحت تأثیر عوامل فرسایشی است.
- انواع مختلفی دارد: ۱) آذرین‌پی ۲) دگرشیب (زاویه‌دار) ۳) هم‌شیب (موازی)
- عوامل مؤثر در ایجاد ناپیوستگی: کوه‌زایی، چین‌خوردگی یا ایجاد گسل

@DaneshSad

انواع ناپیوستگی

نوع ناپیوستگی	ناپیوستگی آذرین‌پی	ناپیوستگی دگرشیب (زاویه‌دار)	ناپیوستگی هم‌شیب (موازی)
نحوهٔ تشخیص	قرارگیری لایه‌های رسوبی مستقیماً بر روی تودهٔ آذرین	غیرافقی (زاویه‌دار) بودن لایه‌های رسوبی زیرین و قرارگیری رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی روی آن‌ها	عدم‌رسوب‌گذاری در برخی دوره‌ها (وقفهٔ رسوبی یا سطح فرسایشی) موازی‌بودن لایه‌های بالا و پایین سطح ناپیوستگی و گاهی عدم وجود شواهدفرسایش احتمالی
شکل			

توجه: هنگامی که رسوبات دریاته‌نشین می‌شوند، دانه‌های درشت نزدیکی ساحل بر جای باقی می‌مانند و ذرات سبک و ریز تا مسافت زیادی از ساحل حمل می‌شوند.

نکته

۱) تشخیص ناپیوستگی دگرشیب **بسیار آسان** است.

۲) ناپیوستگی هم‌شیب **فراوان‌تر**، اما **نامشخص‌تر** است.

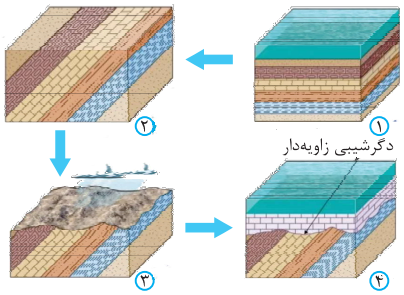
مراحل تشکیل ناپیوستگی و دگرشیبی زاویه‌دار:

۱) ته‌نشین‌شدن افقی لایه‌های رسوبی

۲) خارج‌شدن رسوبات از حالت افقی

۳) پسروی آب و بیرون‌زدن رسوبات از آب و قرارگرفتن در معرض فرسایش

۴) پیشروی آب و تشکیل لایه‌های رسوبی جدید



روش‌های بررسی سن سنگ‌ها و پدیده‌ها

۱) **سن نسبی**: در این حالت ترتیب تقدم و تأخر و یا هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

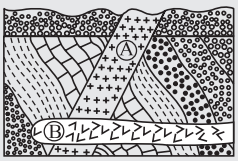
۲) **سن مطلق (پرتوسنجی)**: در این روش سن واقعی نمونه‌ها با استفاده از عناصر پرتوزا (رادیواکتیو) اندازه‌گیری می‌شود.

سن نسبی

اصول قابل استفاده در تعیین سن نسبی پدیده‌ها در یک منطقه:

۱) رسوبات به صورت افقی و لایه‌لایه تشکیل می‌شوند. اگر لایه‌ها توالی اولیهٔ خود را حفظ کرده باشند، لایه‌ای که بالاتر از همه قرار گرفته، از بقیه جدیدتر است. ۲) وقتی لایه‌ها توسط گسلی قطع شده باشند، گسل جوان‌تر است. ۳) اگر یک توده نفوذی آذرین، لایه‌های سنگی را قطع کرده باشد، توده آذرین جوان‌تر و لایه‌های رسوبی قدیمی‌تر هستند. ۴) وقتی قطعه‌سنگی داخل یک تودهٔ آذرین وجود داشته باشد، قطعه‌سنگ قدیمی‌تر و تودهٔ آذرین جوان‌تر است. ۵) وقتی تودهٔ آذرین داخل یک قطعه‌سنگ رسوبی باشد، تودهٔ آذرین قدیمی‌تر و قطعه‌سنگ رسوبی جدیدتر است. ۶) هرگونه تغییر (خارج‌شدن لایه‌ها از حالت افقی، چین‌خوردگی و گسل) بعد از تشکیل لایه‌ها اتفاق افتاده است.

مثال کدام گزینه سه پدیدهٔ زمین‌شناسی متوالی را در شکل زیر معرفی می‌کند؟ (خارج از کشور ۹۴)



۱) رسوب‌گذاری، فرسایش، چین‌خوردگی

۲) نفوذ تودهٔ A، نفوذ تودهٔ B، فرسایش

۳) رسوب‌گذاری، چین‌خوردگی، نفوذ تودهٔ A

۴) فرسایش، رسوب‌گذاری مجدد، نفوذ تودهٔ B

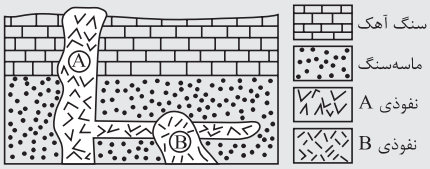
پاسخ گزینهٔ (۲)

ترتیب وقایع موجود در شکل صورت سؤال عبارت‌اند از:

رسوب‌گذاری ← چین‌خوردگی ← رسوب‌گذاری مجدد ← نفوذ تودهٔ A ← نفوذ تودهٔ B ← فرسایش

@DaneshSad

مثال **سن نسبی سنگ‌های شکل مقابل از قدیم به جدید، کدام است؟** (خارج از کشور ۱۴۰۰)



۱) نفوذی B، ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی A
۲) ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی A، نفوذی B
۳) ماسه‌سنگ، نفوذی B، سنگ آهک، نفوذی A
۴) ماسه‌سنگ، سنگ آهک، نفوذی B، نفوذی A

پاسخ گزینهٔ (۲)

در تعیین سن نسبی، ترتیب تقدم، تأخر و هم‌زمانی وقوع پدیده‌ها، نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

ترتیب وقایع از قدیم به جدید:

رسوب‌گذاری ماسه‌سنگ ← رسوب‌گذاری آهک ← نفوذ تودهٔ A ← نفوذ تودهٔ B

سن مطلق (پرتوسنجی)

- **نیم‌عمر**: مدت‌زمانی است که نیمی از یک عنصر پرتوزا به عنصر پایدار تبدیل می‌شود.

نیم‌عمر × تعداد نیم‌عمر = سن نمونه

- عناصر پرتوزا به طور مداوم، با **سرعت ثابت** در حال واپاشی هستند و پس از واپاشی به یک عنصر پایدار تبدیل می‌شوند. به همین دلیل از آن‌ها در تعیین سن مطلق سنگ‌ها استفاده می‌شود.
- برای تعیین سن نخستین سنگ‌های تشکیل‌شده در کرهٔ زمین از **اورانیوم ۲۳۸** ($U_{۲۳۸}$) استفاده می‌شود.
- برای تعیین سن فسیل ماموت و یا جمجمهٔ انسان اولیه از **کربن ۱۴** استفاده می‌شود.

نیم‌عمر برخی از عناصر پرتوزا

عنصر پرتوزا	نیم‌عمر (تقریبی)	عنصر پایدار	مواد مناسب اندازه‌گیری
اورانیم ۲۳۸	۴/۵ میلیارد سال	سرب ۲۰۶	کانی‌ها و سنگ‌های آذرین
اورانیم ۲۳۵	۷۱۳ میلیون سال	سرب ۲۰۷	
توریم ۲۳۲	۱۴/۱ میلیارد سال	سرب ۲۰۸	
پتاسیم ۴۰	۱/۳ میلیارد سال	آرگون ۴۰	
کربن ۱۴	۵۷۳۰ سال	نیتروژن ۱۴	مواد آلی، ریف‌های مرجانی، چوب و استخوان

- **روش محاسبهٔ تعداد نیمه عمر:**

در حالت کلی مقدار مادهٔ پرتوزای اولیه برابر ۱۰۰٪ ($\frac{۱}{۱}$) است. با تجزیهٔ نصف آن ($\frac{۱}{۲}$)، ۵۰٪ از آن باقی می‌ماند. در مرحلهٔ بعد نیز نصف مادهٔ باقی‌مانده تجزیه می‌شود و $\frac{۱}{۲}$ (۵۰٪) به $\frac{۱}{۴}$ یعنی ۲۵٪ تبدیل می‌شود و همین‌طور این مراحل ادامه می‌یابد.

$$۱ \xrightarrow{۱} \frac{۱}{۲} \xrightarrow{۲} \frac{۱}{۲^۲} \xrightarrow{۳} \frac{۱}{۲^۳} \cdots \frac{۱}{۲^n}$$

تعداد نیم‌عمر = تعداد فلش‌ها

مثال $\frac{۱۵}{۱۶}$ کربن‌های پرتوزای زغال‌های چوب کنار اسکلت انسانی قدیمی مورد واپاشی قرار گرفته است. حدود چند هزار سال از مرگ این انسان گذشته است؟ (نیمه‌عمر کربن پرتوزا = ۵۷۰۰ سال)

۱) ۱۷ ۲) ۱۱/۵ ۳) ۲۳ ۴) ۶

پاسخ گزینهٔ (۳)

گام اول: ابتدا باید مقدار باقی‌ماندهٔ مادهٔ پرتوزا را محاسبه کنیم.

مقدار باقی‌مانده = مقدار اولیه − مقدار واپاشی‌شده

$$\frac{۱۶}{۱۶} - \frac{۱۵}{۱۶} = \frac{۱}{۱۶}$$

گام دوم: فلش‌ها را می‌شماریم تا تعداد نیم‌عمرهای طی‌شده به دست آید.

$$۱ \xrightarrow{۱} \frac{۱}{۲} \xrightarrow{۲} \frac{۱}{۴} \xrightarrow{۳} \frac{۱}{۸} \xrightarrow{۴} \frac{۱}{۱۶}$$

۴ نیم‌عمر طی‌شده.

گام سوم: حالا با ضرب تعداد نیم‌عمر در نیم‌عمر کردن پرتوزا، سن نمونه را محاسبه می‌کنیم. در صورت سؤال گفته «حدوداً» چند هزار سال از مرگ انسان گذشته؛ پس

۵۷۰۰ × ۴ = ۲۲۸۰۰. نزدیک‌ترین گزینه را که ۲۳ هزار سال است انتخاب می‌کنیم.

نیم‌عمر × تعداد نیم‌عمر = سن نمونه

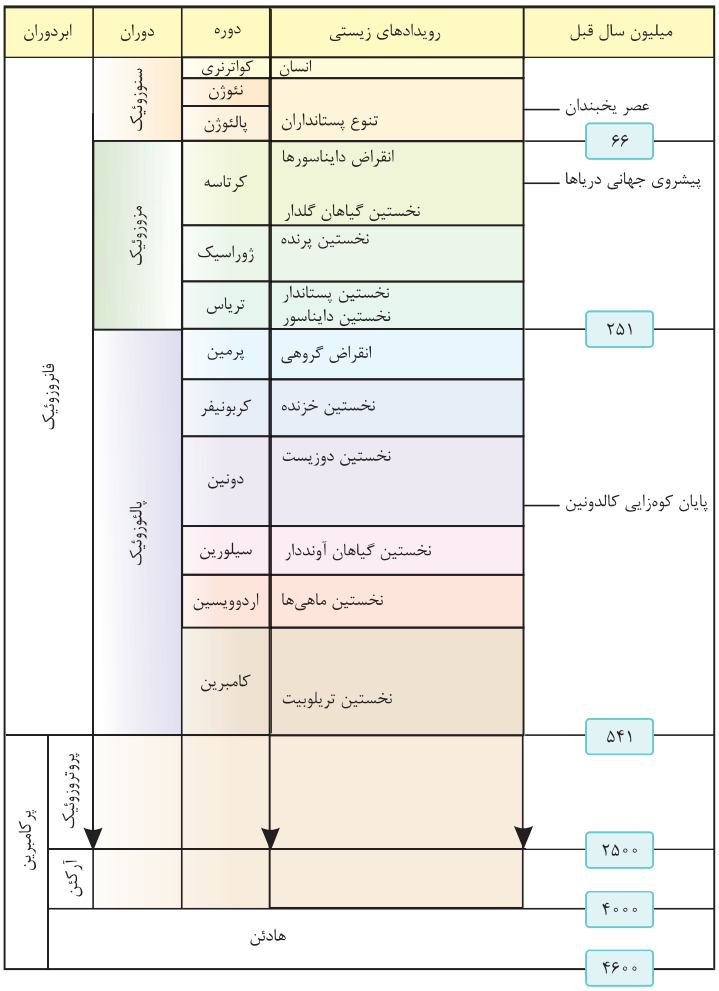
@DaneshSad

زمان در زمین‌شناسی

واحدهای متداول زمان در زندگی روزمره (از کوچک به بزرگ): ثانیه، دقیقه، ساعت، شبانه‌روز، هفته، ماه، سال، دهه، سده (قرن) و هزاره

واحدهای زمانی در زمین‌شناسی: عهد، دوره، دوران و ابر دوران

معیارهای تقسیم‌بندی واحدهای زمانی مختلف در زمین‌شناسی
- ۱) پیدایش یا انقراض گونهٔ خاصی از جانداران
- ۲) حوادث کوه‌زایی
- ۳) پیشروی یا پسروی جهانی دریاها
- ۴) عصرهای یخبندان و ...



مقیاس زمان زمین‌شناسی و رویدادهای مهم آن

نکته

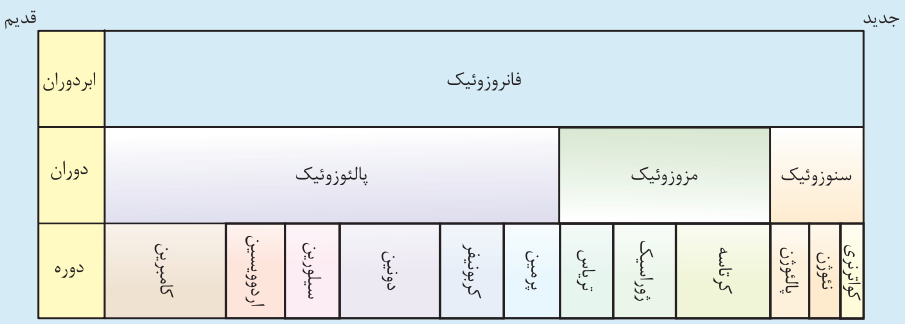
۱) پایان کوه‌زایی کالدونین در **اوایل دونین** رخ داد.

۲) ظهور دایناسورها در **اوایل تریاس** و تنوع و انقراض دایناسورها در **اواخر کرتاسه** رخ داده است.

۳) پیدایش نخستین دایناسور و نخستین پستاندار در دورهٔ تریاس اتفاق افتاده است.

۴) پیدایش نخستین گیاه آونددار در دورهٔ **سیلورین** و نخستین گیاه گل‌دار در دورهٔ **کرتاسه** به وجود آمده است.

۵)



۶) ترتیب پیدایش نخستین جانداران طبق جدول کتاب درسی (از قدیم به جدید):

بندپایان ← ماهی‌ها ← گیاهان آونددار ← دوزیستان ← خزندگان ← دایناسورها ← پستانداران ← پرندگان ← گیاهان گل‌دار ← انسان‌ها

@DaneshSad

تغییرات آب‌وهوایی:

کرهٔ زمین دارای **حرکت وضعی** و **انتقالی** است.

حرکت وضعی زمین	حرکت انتقالی زمین
۱) چرخش زمین به دور محورش است.	۱) گردش زمین بر روی مدار بیضوی به دور خورشید است.
۲) حدود ۲۴ ساعت طول می‌کشد.	۲) حدود ۳۶۵ روز طول می‌کشد.
۳) جهت آن خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است.	۳) جهت آن خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است.
۴) نتیجهٔ حرکت وضعی زمین، پیدایش شب و روز است.	۴) نتیجهٔ حرکت انتقالی زمین، پیدایش فصل‌ها و یک سال خورشیدی است.

نکته

پیدایش فصل‌ها حاصل ۱) حرکت انتقالی زمین و ۲) انحراف $23/5^\circ$ محور زمین است.

نتیجهٔ انحراف $23/5^\circ$ محور زمین نسبت به خط عمود بر سطح مدار گردش زمین به دور خورشید:

اختلاف مدت‌زمان روز و شب و زاویهٔ تابش خورشید به عرض‌های جغرافیایی مختلف

عوامل مؤثر بر کاهش و افزایش دوره‌ای در میزان انرژی دریافتی از خورشید و نوسان درجه حرارت سطحی آن:

۱) تغییر فاصلهٔ سیارهٔ زمین در حرکت مداری خود نسبت به خورشید

۲) تغییر در انحراف محور زمین و حرکات محوری آن

⇐ نتیجهٔ این پدیده: ایجاد دوره‌های خشکسالی و یخبندان شدید روی زمین در درازمدت

@DaneshSad