

۱- چرخه ی آب:

حرکت آب به طور مداوم از هوا به زمین و از زمین به هوا می‌رود. ۹۷ درصد ذخیره ی آب زمین در اقیانوس‌ها و از ۳ درصد بقیه مقدار زیادی در قطبین و بقیه در آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی است و مقدار بسیار اندک در اتمسفر است.

آب‌ها از طریق: فرسایش - حمل و رسوب‌گذاری بیش‌ترین تغییرات را در سطح زمین به وجود می‌آوردند.

۲- اقسام ابر:

ابرها به سه دسته هستند:

(۱) لایه‌ای (استراتوس)

(۲) توده‌ای (کومولوس)

(۳) پرمانند (سیروس)

که معمولاً ابرها مخلوطی از مشخصات دو ابر را دارند و برای ارتفاعات و باران‌زا بودن، کلمات آلتو و نیمبوس را به کار می‌برند.

۳- اقلیم:

اقلیم یا آب و هوای هر منطقه‌ای را دو عامل کنترل می‌کند. دما و بارش - مناطق کم باران یا بیابانی در عرض‌های جغرافیایی ۲۵ درجه‌ی شمالی و ۳۰ درجه‌ی جنوبی واقع‌اند که تبخیر بیش از بارندگی است. - مناطق پر باران در اطراف استوا در عرض‌های ۴۰ تا ۵۰ درجه‌ی شمالی و جنوبی می‌باشد.

۴- آب:

آب اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها، رودها و آب‌های زیرزمینی، توده‌های یخ و برف و حتی بخار آب موجود در هوا، پوشش ناپیوسته‌ای از آب در سطح یا نزدیک سطح زمین تشکیل داده‌اند که مجموعاً آب کره نامیده می‌شود.

۵- اقیانوس‌ها:

۹۷/۲ درصد حجم آب کره زمین در اقیانوس‌ها و دریاها ذخیره شده است.

اهمیت اقیانوس‌ها و دریاها:

(۱) امواج اقیانوس سبب تغییر شکل سواحل می‌شود.

(۲) جریان‌های اقیانوس در تعدیل آب و هوای خشکی‌های مجاور مؤثرند.

(۳) اقیانوس‌ها محل ته‌نشین نهایی بیشتر رسوباتی هستند که از خشکی‌های زمین حمل می‌شوند.

(۴) بسیاری از سنگ‌هایی که امروزه قسمت‌های وسیعی از سطح خشکی‌ها را پوشانده‌اند از رسوبات دریایی تشکیل شده‌اند.

(۵) مطالعه‌ی بستر اقیانوس‌ها در چند دهه‌ی اخیر به روشن شدن وضعیت زمین‌شناسی سیاره زمین کمک بسیار کرده است.

۶- آب دریاها:

آب دریاها از جنبه‌های زیر ممکن است متفاوت باشد.

(۱) نوع جانداران (۲) ترکیب (۳) شوری (۴) گازهای محلول (۵) دما (۶) چگالی (۷) میزان ذرات معلق

- تقریباً تمام عناصر زمین هر چند به مقدار ناچیز در آب دریاها موجود است و بیشترین ماده‌ی محلول در آب اقیانوس‌ها نمک خوراکی است که در هر لیتر آب دریا ۳۴/۵ گرم نمک وجود دارد.

۷- املاح موجود در آب دریا بر حسب اندازه:

- ۱) کلرید سدیم ← ۷۷/۷ درصد
- ۲) کلرید منیزیم ← ۱۰/۸ درصد
- ۳) سولفات منیزیم ← ۴/۸ درصد
- ۴) سولفات کلسیم ← ۳/۷ درصد
- ۵) سولفات پتاسیم ← ۲/۶ درصد
- ۶) کربنات کلسیم ← ۰/۴ درصد

۸- درجه ی شوری:

مقدار نمک های محلول در آب اقیانوس ها را معمولاً بر حسب گرم بر کیلوگرم آب بیان می کنند و به آن درجه ی شوری می گویند.

۹- گازهای موجود در اقیانوس ها:

- اکسیژن و دی اکسید کربن مهم ترین گازهای اقیانوس ها هستند.  
- ماهی ها و سایر جانوران آبی، اکسیژن آب را مصرف کرده و سبب کاهش اکسیژن آب می شوند و اکسیژن اتمسفری جایگزین آن می شود. فتوسنتز در گیاهان و جلبک های موجود در سطح آب مقداری اکسیژن وارد هوا می کند. در ضمن جریان های دریایی، اکسیژن را از سطح به عمق می برند.

۱۰- دمای آب اقیانوس:

- دمای سطحی آب در دریاهای باز از حدود ۳- درجه سانتی گراد در نواحی قطبی تا ۳۲+ درجه در مناطق استوایی می رسد.

- در عمق بیشتر از ۵۰۰ متر دمای آب ثابت و معادل ۴ درجه سانتی گراد است.  
- ترموکلاین: فاصله میان لایه ی سطحی آب و قسمت های عمیق که دمای آب کاهش پیدا می کند، ترموکلاین نام دارد.

۱۱- فشار آب دریاها:

فشار آب با افزایش عمق افزایش می یابد و به ازای هر ۱۰ متر عمق، یک اتمسفر به فشار آب اضافه می شود.

۱۲- چگالی آب دریا:

عوامل مؤثر بر چگالی آب:

۱) شوری (۲) دما (۳) مقدار مواد معلق

نکته: هر چه آب شورتر، سردتر و دارای مواد معلق بیشتری باشد، چگالی بیشتری خواهد داشت.

۱۳- علل حرکت آب اقیانوس ها:

۱) اثر باد (موج)

۲) تفاوت دما و چگالی آب در نقاط مختلف

اهمیت حرکت آب اقیانوس ها:

۱) حرکات آب سبب تغییر شکل پوسته ی زمین می شود.

۲) حرکات آب در تغییرات اقلیمی نقاط مختلف اثر دارد.

۳) حرکات آب اقیانوس ها در تولید منابع غذایی دریایی اهمیت دارد.

۱۴- جریان های اقیانوسی:

جریان های اقیانوسی بر دو نوع اند:

(۱) جریان های سطحی (۲) جریان های عمقی

عوامل موثر بر جریان های سطحی: (۱) بادهای (۲) حرکت وضعی زمین (۳) اختلاف چگالی آب (۴) شکل بستر اقیانوسها  
عوامل موثر بر جریان های عمیق:

(۱) اختلاف دما (۲) اختلاف شوری (۳) تفاوت در میزان مواد معلق

۱۵- مهم ترین حرکات آب دریاها:

(۱) امواج (۲) جریان های دریایی سطحی (۳) جریان های دریایی عمقی

- هنگامی که موج از سطح آب می گذرد، ذرات آب در قسمت سطحی، حرکت دایره ی ماندی انجام می دهند. قطر دایره ها با افزایش عمق کاهش می یابد و در عمقی معادل نصف طول موج، ذرات آب تقریباً حرکتی ندارند.

۱۶- روش های مطالعه ی بستر اقیانوسها:

(۱) در قدیم برای اندازه گیری عمق اقیانوسها از ریسمان و وزنه استفاده می شد. ولی امروزه از دستگاه هایی استفاده می شود که زمان رفت و برگشت امواج صوتی را تعیین می کند.

(۲) به کمک وسایل نمونه گیری از رسوبات بستر اقیانوسها

(۳) به کمک زیردریایی های کوچک تحقیقاتی

(۴) به کمک دستگاه های حفاری پیشرفته که قادرند تا اعماق چند هزار متری زیر کف دریا را حفر کنند.

۱۷- بخش های مهم تشکیل دهنده ی بستر اقیانوسها:

(۱) فلات قاره (۲) سرایشب قاره (۳) خیز قاره (۴) دشت مغاکی (۵) پشته های اقیانوسی (۶) دراز گودال های اقیانوسی

(۷) کوه های دریایی

۱۸- فلات قاره:

بخش کم شیب حاشیه ی قاره ها که از خط ساحلی تا سرایشب قاره امتداد دارد فلات قاره نامیده می شود.

- فلات قاره اگر چه در زیر آب است، از نظر زمین شناسی جزء قاره به حساب می آید.

- شیب فلات قاره حدوداً  $0/1$  درجه است.

۱۹- سرایشب قاره:

بخشی از بستر دریاها است که در آن شیب دریا ناگهان تغییر می کند. سرایشب قاره بخش نسبتاً پرشیبی از حاشیه ی قاره است.

خیز قاره:

در دامنه ی سرایشب قاره، منطقه ای با شیب نسبتاً آرام وجود دارد که به خیز قاره موسوم است.

- خیز قاره سرایشب قاره را به حوضه ی اقیانوسی متصل می کند.

۲۰- حاشیه ی قاره:

فلات قاره و سرایشب قاره را روی هم حاشیه ی قاره می نامند.

دشت مغاکی:

مسطح ترین بخش حوضه ی اقیانوسی را دشت مغاکی می نامند.

پشته های اقیانوسی:

پشته های اقیانوسی، رشته کوه های خطی بزرگی هستند که به طول حدود ۶۰۰ متر در کف اقیانوسها امتداد دارند.

۲۱- دراز گودال‌های اقیانوسی:

بستر اقیانوس آرام با بستر اقیانوس اطلس متفاوت است. در آن به جای فلات‌های قاره‌ای با شیب آرام، گودال‌های عمیقی در امتداد حاشیه اقیانوس آرام یافت می‌شود که به آن‌ها دراز گودال اقیانوس می‌گویند.

کوه‌های دریایی:

کوه‌های آتش‌فشانی موجود در بستر اقیانوس‌ها را کوه‌های زیر دریایی می‌نامند. که اغلب مخروطی شکل و بر اثر فعالیت‌های آتش‌فشانی تشکیل شده‌اند.

۲۲- آب‌های جاری:

آب‌های جاری از نظر تأمین آب معدنی انسان در کشاورزی - صنعت - تولید نیروی الکتریسیته - ماهی‌گیری - کشتی‌رانی و به عنوان مرزهای طبیعی اهمیت دارد.

- بخشی از آب باران را که در سطح زمین به سوی مناطق پست جاری می‌شود رواناب می‌گویند.

- گیاهان و گیاهاک (هوموس) موجب کند شدن رواناب در سطح زمین و کاهش جریان آن می‌شوند.

۲۳- حوضه‌ی آبریز:

منطقه‌ای که به وسیله‌ی یک رود و شاخه‌های آن زهکشی می‌شود «حوضه‌ی آبریز» نام دارد و خطی که حوضه‌ی آبریز را از حوضه‌ی مجاور جدا می‌کند خط تقسیم می‌گویند.

۲۴- سرعت آب:

در مقطع یک رودخانه مستقیم بیش‌ترین سرعت جریان آب در وسط و نزدیک سطح است. نزدیک کف و دیواره‌ها به علت اصطکاک آن با بستر و دیواره‌ها، سرعت آن حداقل است. وقتی مسیر رودخانه دارای انحنای باشد بیش‌ترین سرعت از وسط رودخانه به طرف دیواره مقعر آن منتقل می‌شود.

- آبدهی: حجم آبی که در واحد زمان از مقطع عرضی یک رودخانه عبور می‌کند آبدهی «دبی» خوانده می‌شود که آن را معمولاً به مترمکعب در ثانیه بیان می‌کنند.

۲۵- آب زیرزمینی:

بخش بزرگی از آب مصرفی انسان از زیرزمین تأمین می‌شود گرچه حجم این آب قابل بهره‌برداری حدود  $1/3$  درصد آب کره می‌باشد. بزرگترین ذخیره‌ی آب شیرین سطح زمین محسوب می‌شود.

- آب زیرزمینی مانند سایر عوامل طبیعی «فرسایش» و حمل و ته‌نشینی مواد در تغییر شکل سطح و بخش‌های خارجی زمین دخالت دارد.

۲۶- سطح ایستابی:

توزیع آب زیرزمینی در سه منطقه را شامل می‌شود.

منطقه‌ی تهویه در بالا - سطح ایستابی زیر منطقه تهویه و منطقه اشباع زیر سطح ایستابی

- سطح ایستابی معمولاً در نقاط مرتفع و دامنه‌ی کوهها در عمق بیش‌تر و در درّه و نقاط پست در عمق کم‌تر قرار دارد.

۲۷- تخلخل و نفوذپذیری: مقدار فضا‌های خالی یک رسوب یا سنگ را با اصطلاح تخلخل بیان می‌کنند.

تخلخل به شکل، اندازه، آرایش دانه‌ها، درجه سیمان شدگی، میزان هوازگی و تعداد درز و شکاف‌ها بستگی دارد.

- نفوذپذیری، توانایی یک رسوب یا سنگ را برای عبور آب نشان می‌دهد. و به اندازه‌ی منافذ و ارتباط آن‌ها با هم بستگی دارد.

۲۸- میزان تخلخل را از رابطه‌ی زیر به دست می‌آورند:

$$\text{تخلخل} = \frac{\text{حجم فضاهای خالی}}{\text{حجم کل}} \times 100$$

نکته: سنگی که تخلخل دارد قادر است آب را در خود ذخیره کند ولی لزوماً این‌طور نیست که قادر به عبور دادن آب باشد. به عنوان مثال چوب پنبه بسیار متخلخل است ولی به علت ریزی منافذ، نفوذناپذیر است.

۲۹- حرکت آب زیرزمینی:

حرکت آب‌های زیرزمینی از جایی که سطح ایستابی بالاتر است به سمت محلی که سطح ایستابی پایین‌تر است جریان می‌یابد ولی بیشتر جریان آب در امتداد مسیرهای منحنی شکل است. حتی در بعضی نقاط آب به سمت بالا برمی‌گردد و وارد رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها می‌شود.

۳۰- آبخوان یا لایه‌ی آبدار:

آبخوان یا لایه‌ی آبدار یا سفره‌ی آب زیرزمینی، لایه یا لایه‌هایی از رسوبات با سنگ‌های نفوذپذیری اشباع از آب در زیرزمین است که آب بتواند نسبتاً به آسانی در آن حرکت کند. آبخوان معمولاً بر دو نوع است:  
(۱) آزاد (۲) تحت فشار

۳۱- منطقه‌ی تغذیه یا آبرگیری:

آب باران و غیره از جایی که لایه‌ی نفوذپذیر در سطح زمین وارد آن می‌شود منطقه‌ی تغذیه یا آبرگیری می‌گویند. - سطحی که ارتفاع آب در سفره‌های تحت فشار تا آن‌جا بالا می‌آید سطح پیزومتریک می‌گویند.

۳۲- چاه آرتزین:

اگر خروج آب خود به خود از دهانه چاه بیرون بریزد به آن چاه آرتزین می‌گویند. ایجاد چشمه:

اگر خروج آب از زیرزمین به صورت متمرکزی باشد چشمه ایجاد می‌شود. ترکیب شیمیایی:

غلظت نمک‌های محلول در آب‌های زیرزمینی به جنس کانی‌ها و سنگ‌ها و سرعت نفوذ آب و مسافت طی شده توسط آب بستگی دارد.

۳۳- آب سخت:

آب موجود در سنگ‌های کربناتی که دارای یون‌های کلسیم و منیزیم بالایی باشد، آب سخت گفته می‌شود.

۳۴- یخچال:

حدود ۲ درصد آب‌های روی زمین به صورت یخ می‌باشند که این مقدار بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آب شیرین زمین را تشکیل می‌دهد.

تشکیل یخچال سه مرحله دارد:

(۱) یخ برفی

(۲) یخ حبابدار

(۳) یخ بلوری

۳۵- دریاچه‌ها:

- دریاچه‌ها، آب‌های ساکن داخل خشکی‌ها هستند که ارتباط مستقیم با دریاها ندارند.  
 دریاچه‌ها از راه‌های گوناگون به وجود می‌آید.  
 (۱) باقی‌مانده یک دریای قدیمی‌اند مانند: دریای مازندران  
 (۲) حاصل افتادگی قسمتی از زمین است مانند دریاچه‌ی بایکال روسیه  
 (۳) بر اثر رسوب‌گذاری یخچال‌ها به وجود آمده باشد مانند دریاچه‌های شمال اروپا و امریکا  
 (۴) بر اثر ریزش کوه‌ها و مسدود شدن مسیر رودها مانند دریاچه‌های تار، ولشت لاسم  
 (۵) در دهانه بعضی از آتشفشان‌های خاموش: مانند سبلان

۳۶- ترکیب شیمیایی آب دریاچه‌ها:

- ترکیب آب دریاچه‌ها، شوری آن‌ها بستگی به:  
 (۱) جنس سنگ‌ها  
 (۲) میزان تبخیر در منطقه  
 (۳) میزان آب‌های ورودی و خروجی  
 (۴) پوشش گیاهی منطقه

۳۷- سنگ:

به موادی گفته می‌شود که به طور طبیعی از اجتماع یک یا چند نوع کانی تشکیل شده باشد سه گروه سنگ در کره‌ی زمین وجود دارد.  
 سنگ‌های آذرین از انجماد مواد مذاب درونی زمین‌اند سنگ‌های رسوبی از تخریب و فرسایش و هوازدگی سنگ‌های قبلی و ته‌نشین شدن آن‌ها در محیط‌های رسوب‌گذاری است. سنگ‌های دگرگونی که یک سنگ در حالت جامد در درون زمین بر اثر گرما و فشار و محلول‌های شیمیایی به وجود می‌آید.

۳۸- چرخه‌ی سنگ:

سه گروه سنگ‌های موجود یعنی سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی در کره‌ی زمین بر اثر عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی به یکدیگر تبدیل می‌شوند و به مجموعه این تغییرات و تبدیل حالت‌ها در سنگ‌ها چرخه‌ی سنگ گفته می‌شود.

۳۹- کانی‌ها: مواد طبیعی، غیرآلی و متبلور و جامدی هستند که ترکیب شیمیایی نسبتاً ثابتی دارند.

در ترکیب پوسته زمین ۸ عنصر به ترتیب درصد که شامل:

- (۱) اکسیژن ۴۶/۶ درصد  
 (۲) سیلیسیم ۲۷/۷ درصد  
 (۳) آلومینیم ۸/۱ درصد  
 (۴) آهن ۵ درصد  
 (۵) کلسیم ۳/۶ درصد  
 (۶) سدیم ۲/۸ درصد  
 (۷) پتاسیم ۲/۶ درصد  
 (۸) منیزیم ۲/۱ درصد

۴۰- تشکیل کانی‌ها: کانی‌ها از راه‌های زیر به وجود می‌آیند:

- ۱) بعضی از انجماد مواد مذاب به وجود می‌آیند.
- ۲) برخی از سرد شدن بخارها و شکاف‌ها با سطح موجود در سنگ‌ها تشکیل می‌شوند.
- ۳) تعدادی از تبخیر محلول‌هایی که به حد اشباع رسیده‌اند حاصل می‌شوند.
- ۴) بعضی از کانی‌ها نیز از تخریب کانی‌های دیگر به وجود می‌آیند.
- ۵) بعضی هم از وارد آمدن فشار و گرمای زیاد بر روی کانی‌های دیگر تشکیل می‌شوند.

۴۱- شناسایی کانی‌ها:

برای مطالعه، شناسایی کانی‌ها از خواص فیزیکی آن‌ها استفاده می‌شود.

- مهم‌ترین خواص فیزیکی کانی‌ها شامل: شکل بلور - سختی - جلا - سطح شکست - چگالی نسبی رنگ و رنگ خاکه کانی‌ها می‌باشد.
- سایر خواص از جمله: مزه - اثر گرما - مغناطیس سنجی - لمس کردن با دست - اثر اسیدها و خاصیت چکش‌خواری از دیگر خواص فیزیکی کانی‌ها می‌باشد.

۴۲- شکل بلور:

تقریباً تمام کانی‌ها به صورت متبلورند. هر جسم متبلور دارای نظم درونی سه بعدی است. انواع بلور کانی‌ها شامل درشت بلور - ریز بلور و مخفی بلور است. زوایای بین سطوح مشابه آن در تمام بلورهای یک کانی، یکسان و تغییرناپذیر است.

۴۳- سختی کانی:

مقاومت کانی در برابر خراشیده شدن توسط سایر اجسام است. سختی کانی به طرز قرار گرفتن و نوع پیوندهای اتم‌ها در کانی بستگی دارد. طبق جدول موس (Mohs) نرم‌ترین کانی سختی یک (تالک) و سخت‌ترین کانی سختی ده (الماس) را دارد.

- جهت اطمینان از سختی باید درجه سختی را در تمام جهات آزمایش کرد و عمل عکس هم انجام داد.

۴۴- جلای کانی:

توانایی کانی در منعکس کردن، عبور یا جذب نور است. جلا بر دو نوع است: فلزی و غیرفلزی. الماس، جلای منحصر به فردی دارد. در جلای فلزی نور به خوبی منعکس می‌شود و در جلای غیرفلزی نور به خوبی منعکس نمی‌شود.

۴۵- سطح شکست:

بعضی بلورهای کانی بر اثر ضربه و به هنگام شکسته شدن در امتداد سطح یا سطوح معینی به سادگی از هم جدا می‌شوند که به آن سطح شکست می‌گویند و برخی فاقد این خاصیت‌اند.

- میکاها سطح شکست یا رخ یک جهتی و فلدسپاتها (پلاژیوکلاز و ارتوکلاز) رخ دو جهتی و نمک طعام و گالن رخ سه جهتی قائمه و کلسیت و دولومیت رخ سه جهتی غیر قائمه دارند.

۴۶- چگالی نسبی:

از تقسیم چگالی یک کانی به چگالی آب به دست می‌آید. بعضی کانی‌ها به علت داشتن عناصر سنگین (گالن و باریت) چگالی نسبی بالایی دارند.

۴۷- رنگ و رنگه خاکه:

برخی از کانی‌ها رنگ ثابتی دارند مانند: یاقوت، فیروزه، گرانت، مالاکیت و کوارتز به دلیل ناخالصی، رنگ‌های مختلفی دارد که در اصل بی‌رنگ است.  
- رنگ خاکه گاهی در تشخیص کانی به کار می‌رود. طلا و پیریت هر دو زردند که طلا خاکه زرد و پیریت خاکه سیاه دارد. مانیتیت و هماتیت هم هر دو سیاه‌اند که مانیتیت خاکه سیاه و هماتیت خاکه قهوه‌ای دارد.

۴۸- راه‌های شناسایی دیگر برای کانی‌ها:

فلزات چکش‌خوارند و از غیر فلزات گوگرد ترد و شکننده است. میکادر برابر گرما مقاوم و ژپیس در برابر گرما به پودر سفید تبدیل می‌شود. نمک طعام (هالیت) شور و سیلویت تلخ است. مانیتیت خاصیت مغناطیسی دارد و کائولینیت به زبان می‌چسبد. تالک و گرافیت لمس چرب دارند. اسید کلریدریک رقیق برکلسیت اثر نموده به دولومیت بی‌اثر است و باید اسید را گرم و غلیظ کرد و یا اسید سرد را روی پودر دولومیت ریخت تا اثر کند.

۴۹- طبقه‌بندی کانی‌ها:

کانی‌های سنگ‌ساز شامل کانی‌های ماگمایی - کانی‌های رسوبی - کانی‌های دگرگونی است.  
الف) کانی‌های ماگمایی شامل دو گروه سیلیکات‌ها و غیرسیلیکات‌ها می‌باشند که سیلیکات‌ها یا تیره‌اند و یا روشن که از انجماد و سرد شدن ماگما به وجود می‌آیند.

۵۰- سیلیکات‌ها از اتصال واحدهای کوچک‌تر به شکل هرم چهاروجهی با سایر یون‌های فلزی به وجود می‌آیند. سیلیکات‌های تیره عبارتند از: الیون - پیروکسن - آمفیبول - میکای سیاه یا بیوتیت، سیلیکات‌های روشن عبارتند از: میکای سفید (مسکوویت) - فلدسپات‌ها - کواتز است. علت تیره بودن رنگ سیلیکات‌ها وجود عناصر آهن و منیزیم در ساختمان آن‌هاست.  
- غیر سیلیکات‌ها شامل: فسفات‌ها (آپاتیت - فیروزه) - سولفات‌ها (باریت) - سولفیدها (پیریت) هستند.

۵۱- کانی‌های رسوبی:

از تخریب سنگ‌های آذرین، رسوبی، دگرگون حاصل می‌شوند. به چهار گروه تقسیم می‌شوند.  
۱) کانی‌های رسی مانند کائولن  
۲) کربنات‌ها مانند کلسیت و دولومیت  
۳) کلریدها مانند هالیت (نمک طعام)  
۴) سولفات‌ها مانند: آنیدریت و ژپیس

۵۲- کانی‌های دگرگون:

بر اثر فشار لایه‌های فوقانی و دمای موجود در قشر زیرین پوسته بر سنگ‌های آذرین و رسوبی حاصل می‌شوند. شامل گارنت (گرونا) و گرافیت است.

۵۳- کاربرد کانی‌ها:

کانی‌های قیمتی: بعضی از کانی‌ها به علت داشتن رنگ، جلا، شکل ویژه بلور و سختی زیاد به صورت قیمتی و نیمه قیمتی در می‌آیند. از جمله جواهرات می‌توان به آمیتیت (کواتز بنفش)  $\text{SiO}_2$  و یاقوت (کروندوم  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) را نام برد بعضی از کانی‌ها بر اثر فشار و گرمای درون زمین و انجماد بعدی به صورت قیمتی و جزء جواهرات محسوب می‌شوند. مانند کروندوم سرخ و آبی (در سنگ‌های کربناتی) و الماس در سنگ‌های (کمبرلیتی) کانی‌های نمک و گچ در محیط‌های گرم و کم‌عمق و تبخیر فراوان نوع محیط گذشته زمین را نشان می‌دهد.



۵۴- کان سنگها: کانسنگها موادی هستند که برای به دست آوردن فرآوردههای پرارزش آنها را استخراج و تصفیه می کنند و مهم ترین کانسنگها شامل بوکسیت و هماتیت است.

۵۵- مسئلهی آزیست:

آزیست یا پنبه ی نسوز یا پنبه ی کوهی از کانی های سیلیکاتی تیره است که از دگرسانی (دگرگونی ضعیف) کانی سربانتین به وجود می آید. چون الیاف آزیست در طبیعت از هم باز و شکسته می شوند، همراه هوای تنفس به ششها وارد شده و به سلول های جدار کیسه های هوایی می چسبد و در نتیجه این سلولها، سلول های ریه را سرطانی نموده و به بیماریهای شدید تنفسی تبدیل می نماید. امروزه با استفاده از آزیست در صنعت مخالفت شده و کاربرد آن را بسیار محدود نموده است.

۵۶- ماگماتیسم و سنگ های آذرین:

سنگ های آذرین: سنگ های حاصل از سرد شدن مواد مذاب درون زمین را سنگ های آذرین می گویند.

۵۷- انواع سنگ های آذرین:

- ۱) سنگ های آذرین درونی: سنگ هایی هستند که حاصل سرد شدن مواد مذاب در درون زمین هستند.
- ۲) سنگ های آذرین بیرونی: حاصل انجماد مواد مذاب در سطح زمین هستند.

۵۸- انواع ساخت های آذرین:

ساخت های حاصل از سرد شدن ماگما در مقایسه با سنگ های اطراف خود (سنگ های درون گیر) دارای شکل های مختلفی هستند و بر همین اساس به نام های مختلف زیر موسوم هستند.

- ۱) باتولیت (۲) دایک (۳) سیل (۴) لاکولیت

۵۹- باتولیت ها:

- باتولیت ها بزرگ ترین و وسیع ترین توده های آذرین هستند مانند کوه الوند در همدان  
- بلورهای سنگ های باتولیت اغلب دانه درشت هستند. براین اساس تصور می شود زمان تشکیل و تبلور آنها بسیار کند و طولانی بوده است.  
نکته: باتولیت ها در اثر فرسایش لایه های فوقانی در سطح زمین ظاهر می شوند.

۶۰- ذوب و تبلور ماگما:

با افزایش دما ارتعاشات اتم های سازنده بلورها افزایش پیدا می کند و به تدریج فاصله ی اتم ها زیاد می شود و ماده جامد انبساط می یابد. ولی در نقطه ی ذوب فاصله ی یون ها از هم زیادتر شده و شدت ارتعاشات بر نیروی پیوندهای شیمیایی غالب می آید در نتیجه: نظم و ترتیب ساختمان بلور از بین می رود و حجم ماده زیاد شده و چگالی آن کمتر از حالت جامد می شود.

۶۱- عوامل موثر بر ذوب سنگها:

- ۱) گرما که سبب تسریع ذوب می شود.
- ۲) فشار که مانع ذوب سنگها می شود.
- ۳) آب و مواد فرار که به ذوب کمک می کند.

۶۲- تبلور: در حالت تبلور، عکس عمل ذوب اتفاق می افتد و جسم حالت بلورین و متبلور به خود می گیرد.

- ماگما از ذوب سنگ های پوسته و یا گوشته طی فرایند پیچیده به وجود می آید.

۶۳- ذوب ناقص:

در هنگام ذوب بعضی کانی‌ها زود گدازند و در تشکیل ماگما شرکت دارند و برخی دیگر دیرگدازند که وارد ماگما نمی‌شوند به این ذوب ناقص گویند.

۶۴- انواع کانی‌ها:

انواع کانی‌ها سنگ‌های آذرین به ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها بستگی دارد و اگر پرسیلیس باشند رنگ روشن دارند و سنگ‌های اسیدی را می‌سازند و اگر سیلیس در این سنگ‌ها کم باشد که با آن‌ها بازیک یا فوق بازیک می‌گویند رنگ تیره دارند. علت تیره بودن رنگ این سنگ‌ها وجود کانی‌های آهن و منیزیم‌دار است.

۶۵- در حالت انجماد ماگما، مواد براساس وزن حجمی‌شان و از دمای بالا به تدریج سرد شده و کانی‌های مختلف را تا دمای پایین‌تر به وجود می‌آورند که به این توالی تشکیل کانی‌ها، سری واکنش بوون گویند.  
- در سری واکنش بوون BOWEN بیشتر ماگماها حالت بازالتی دارند و به تدریج حالت خشتی و اسیدی پیدا می‌کند.

۶۶- بافت:

اندازه و شکل و آرایش کانی‌های موجود در سنگ آذرین را بافت می‌گویند.  
- به طور کلی سنگ‌های آذرین سه نوع بافت اصلی دارند: درشت بلور - ریز بلور - شیشه‌ای یا فاقد بلور  
- بافت‌های دیگر سنگ‌های آذرین شامل بافت پورفیری - حفره‌دار و اسفنجی می‌باشد.

۶۷- طبقه‌بندی:

سنگ‌های آذرین براساس موارد زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

(۱) ترکیب شیمیایی که به مقدار سیلیس موجود در سنگ وابسته است

سیلیس فراوان = اسیدی	}
سیلیس متوسط = خشتی	
سیلیس کم = بازی	

(۲) نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ

(۳) بیرونی و درونی بودن یا بافت سنگ

۶۸- موارد استفاده:

گرانیت‌ها و گابروها به علت زیبایی، مقاومت زیاد و دوام طولانی به عنوان تزئینی به کار می‌برند.  
از سیلیس در صنعت شیشه‌سازی و از رگه‌های فلدسپات در صنایع چینی‌سازی استفاده می‌شود.  
از پوک‌های معدنی به عنوان عایق ساختمان‌ها و از سنگ‌پا در سائیدن چوب استفاده می‌شود.

۶۹- استخراج طلا:

بر اثر عبور جریان محلول‌های داغ در درون زمین طی فرآیندهای آذرین، مس (Cu) در حفره‌ها و منافذ و شکستگی‌های سنگ‌ها متمرکز می‌شود استخراج طلا از فرسایش گرانیت‌ها و رسوبات آبرفتی حاصل از آنها به دست می‌آید.

۷۰- رسوب:

موادی که همراه اغلب رودها سرانجام به دریا می‌رسند و در آن ته‌نشین می‌شوند، رسوب می‌گویند.  
 - رسوبات توسط عوامل طبیعی مانند: آب - یخچال - باد روی هم ته‌نشین شده و به صورت لایه‌لایه در می‌آیند و سرانجام به سنگ‌های رسوبی مبدل می‌شوند.  
 - در سنگ‌های رسوبی منابع طبیعی، نفت و گاز و زغال‌سنگ و مواد معدنی تشکیل می‌شوند و این سنگ‌ها تاریخچه گذشته زمین را به ما نشان می‌دهد و از این نظر اهمیت دارند.

۷۱- منشأ رسوبات:

منشأ رسوبات دریایی شامل:

(۱) مواد تخریب شده (۲) بقایای بدن جانداران (۳) مواد شیمیایی

۷۲- منشأ و نوع کانی‌های موجود در سنگ‌های رسوبی:

در سنگ‌های رسوبی سه کانی از همه بیشتر یافت می‌شوند که عبارتند از:

رس - کوارتز - کلسیت

- کانی‌های رسی از تجزیه‌ی سیلیکات‌ها از جمله فلدسپات‌ها حاصل می‌آیند.

- کوارتز هم از تجزیه‌ی سنگ‌های آذرین اسیدی (گرانیت‌ها) و آزاد شدن دانه‌های آن حاصل می‌شود.

- کلسیت‌ها هم کانی اصلی سنگ‌های آهکی است و در محیط شیمیایی تشکیل می‌شود.

- کوارتز در طبیعت انواع مختلف دارد از جمله: اوپال - سنگ آتشنه (فلینت) و کلسدونی یا کلسدون می‌باشند.

- کانی‌های دیگر سنگ‌های رسوبی شامل: دولومیت - فلدسپات و میکا - هماتیت و لیمونیت و هالیت و ژپس

۷۳- حمل رسوبات:

اندازه‌ی دانه‌هایی که وارد محیط رسوبی می‌شوند به چند عامل بستگی دارد:

(۱) نوع سنگ اولیه (۲) میزان مقاومت سنگ در برابر عوامل تخریب (۳) نوع عامل حمل‌کننده (۴) مسافت طی شده (۵) وضعیت مسیر بستگی دارد.

۷۴- جورشدگی: از نظر قطر و اندازه بودن ذرات را در سنگها جورشدگی می‌گویند.

۷۵- سنگ شدن (دیاژنز):

دیاژنز یا سنگ شدن به مراحل گفته می‌شود که طی آن از رسوبات نرم و منفصل سنگ‌های سخت و متصل حاصل می‌شود.

مراحل دیاژنز شامل: سیمان شدن - متراکم و خشک شدن و تبلور دوباره می‌باشد.

۷۶- بافت:

بافت در سنگ‌های رسوبی به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود:

(۱) آواری (۲) غیر آواری (بلورین)

سنگ‌های رسوبی آواری براساس اندازه قطعات یا ذرات طبقه‌بندی می‌شوند و شامل:

(۱) دانه ریز (شیل - سیلت - گل‌سنگ) (۲) دانه متوسط (ماسه سنگ - کوارتز - آرنیت - آرکوز) (۳) دانه درشت (کنگومرا - برش) می‌باشد.

۷۷- شیل‌ها فراوان‌ترین سنگ‌های رسوبی آواری‌اند و در محیط‌های آب‌های بسیار ساکن و بدون تلاطم رسوب می‌کنند. حالت ورقه‌ای دارند و کانی‌های آنها رس و میکاست.  
- رنگ شیل‌ها به نوع کانی‌های موجود در آن بستگی دارد. نوع قرمز اکسید آهن دارند و نوع سبز آن اکسید آهنی دارند که اکسیژن کمتری دارد و نوع سیاه آن کربن دارد.  
- سیمان پرتلند از مخلوط کردن رُس با کربنات کلسیم حاصل می‌شود.

۷۸- ماسه سنگ‌ها در طبیعت به دو صورت دیده می‌شوند:  
(۱) کوارتز آرنیت بیشتر از ۹۰ درصد کوارتز و باقی‌مانده از فلدسپات است دانه‌های آنها گرد شده و جورشدگی خوبی دارند و چون مسافت زیادی را طی کرده‌اند.  
(۲) آركوز بیشتر از ۲۵ درصد فلدسپات دارد و دانه‌های آن گردشدگی و جورشدگی خوبی ندارد (ضعیف) و از تخریب گرانیت‌های فلدسپات‌دار حاصل شده است.

۷۹- کنگلومرا از سیمان‌شدگی ذرات درشت رسوبی با گردشدگی خوب و ماده زمینه‌ای سیلیس و رس تشکیل شده است. برش از سیمان‌شدگی ذرات درشت و زاویه‌دار در زمینه‌ای از ذرات ریز تشکیل شده است. جورشدگی برش‌ها ضعیف است (خوب نیست) چون فاصله‌ی حمل کمتری داشته‌اند.

۸۰- سنگ‌های رسوبی شیمیایی:  
این سنگها از تجمع بلورهای متصل به هم حاصل شده‌اند این سنگها یا مستقیماً از محلول‌ها جدا شده و رسوب کرده‌اند و یا توسط فعالیت‌های زیستی گیاهان و جانوران به وجود می‌آیند.

۸۱- سنگ‌های شیمیایی غیر آلی شامل:  
(۱) سنگ آهک (۲) چرت (۳) دولومیت (۴) سنگ‌های تبخیری می‌باشد.  
- گروهی از سنگ‌های رسوبی شیمیایی در آبها و تحت تأثیر عوامل مختلف حاصل می‌شوند. سنگ آهک و چرت و دولومیت و سنگ‌های تبخیری در آبها و در شرایط خاصی تشکیل می‌شوند.  
- نوع دیگری از سنگ آهک وجود دارد که در شرایط ویژه‌ای در خشکی حاصل می‌شوند: مانند سنگ تراورتن در دهانه چشمه‌های آهکی

۸۲- سنگ‌های رسوبی شیمیایی آلی شامل:  
(۱) سنگ آهک (۲) چرت (۳) زغال‌سنگ می‌باشد که همگی بر اثر فعالیت جانداران به وجود می‌آیند.  
سنگ‌های آهکی آلی در آب‌های گرم و کم عمق استوایی بر اثر تجمع پوسته و اسکلت جلبک‌های آهکی و مرجان‌ها حاصل می‌شوند و در آب سرد و عمیق هم از تجمع پوسته‌های آهکی و روزن‌داران این نوع سنگ به نام گل سفید تشکیل می‌شوند.

۸۳- چرت آلی نیز از تجمع سیلیس باقی‌مانده از شعاعیان و دیاتوم‌ها حاصل می‌شود.  
- زغال‌سنگ نوعی سنگ رسوبی است که منشأ گیاهی دارد و در آب‌های ساکن و گرم مناطق مردابی که اکسیژن چندانی ندارند تشکیل می‌شود.

۸۴- مراحل تشکیل زغال‌سنگ:  
مراحل تشکیل زغال‌سنگ در فرآیند اولیه ماده‌ای قهوه‌ای و نرم به نام تورب حاصل شده که به تدریج درصد کربن بالا می‌رود و آب زغال‌سنگ کاهش می‌یابد که به ترتیب درجه خلوص می‌توان لیگنیت - زغال‌سنگ - آنتراسیت را نام برد.

۸۵- دگرگونی:

دگرگونی مجموعه‌ای از فرآیندهایی است که تحت شرایط خاص باعث تغییر ساختمان و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها شده و یک سنگ را در حالت جامد و سنگ دیگری را تبدیل می‌نماید.  
- حد دگرگونی سنگ‌ها از پایان دیاژنز شروع می‌شود و تا ابتدای ذوب سنگ خاتمه می‌یابد.

۸۶- در دگرگونی شدید که بیشتر نتیجه افزایش گرما است تا فشار تغییراتی در سنگ‌ها ایجاد می‌شود: یعنی سطح لایه‌بندی رسوبات و آثار موجودات زنده (فسیل‌ها) و حفرات موجود در سنگ مادر کاملاً از بین می‌رود و در مواقعی کانی‌های جدید هم تشکیل می‌شود.

۸۷- عوامل دگرگون ساز:

عواملی که در دگرگون شدن سنگ‌ها نقش دارند عوامل دگرگون‌ساز گویند.  
گرما - فشار و سیالاتی نظیر آب

۸۸- نقش گرما: افزایش دما در سنگ‌ها موجب:

- ۱) تحرک مواد سیال درون سنگ‌ها می‌شود.
- ۲) بروز عمل دگرگونی که بیشتر در دمای بالا اتفاق می‌افتد.

۸۹- نقش فشار:

فشار نیز مانند گرما با افزایش عمق زیاد می‌شود. سنگ‌های درون زمین تحت تأثیر دو نوع فشار قرار دارند:  
۱) فشار همه جانبه (محصورکننده) که از تمام جهات به طور یکسان وارد می‌شود.  
۲) فشار جهت‌دار که از بعضی جهات بیشتر از جهات دیگر است.  
- نتیجه عمل فشار همه جانبه بر سنگ‌ها موجب متراکم شدن جسم کانی‌ها و تبلور کانی‌هایی با وزن حجمی زیادتر است. نتیجه عمل فشار جهت‌دار برحسب مقدار آن تغییراتی در سنگ‌ها ایجاد می‌شود نظیر چین خوردگی و شکستگی (درز - گسل) است.

۹۰- نقش سیالات:

سیالات فعال به ویژه آب که دارای یونهای محلول است نقش بسیار مهمی در فرآیندهای دگرگونی دارد و به این ترتیب سیالات با نقش کاتالیزوری خود بدون آن که حالت جامد سنگ دستخوش تغییر شود ترکیب کانی‌ها را عوض می‌کنند.  
- به جز آب، دی‌اکسیدکربن - گوگرد و اسیدها در دگرگونی سنگ‌ها نقش دارند.

۹۱- اقسام دگرگونی:

اقسام دگرگونی برحسب عوامل دگرگون‌ساز و شکل پراکندگی آنها عبارتند از:  
دگرگونی مجاورتی - دگرگونی ناحیه‌ای - دگرگونی هیدروترمال (گرمایی)

۹۲- دگرگونی مجاورتی:

در دگرگونی مجاورتی عامل اصلی گرما می‌باشد و فشار نقش مهمی در این نوع دگرگونی ندارد. محدوده دگرگونی مجاورتی را اصطلاحاً هاله‌ی دگرگونی گویند.

۹۳- دگرگونی ناحیه‌ای:

در وسعت زیادی روی سنگ‌های منطقه‌ی تأثیر می‌گذارد و به دو صورت دیده می‌شود.  
 (۱) دگرگونی دفنی که تحت فشار و گرمای درون زمین باعث تبلور مجدد کانی‌های موجود در سنگ می‌شود و چون هیچ گونه فشار جهت‌داری روی سنگ‌ها انجام نمی‌گیرد سنگ‌ها لایه‌لایه نیستند.  
 (۲) دگرگونی حرکتی: حرارتی که تحت تأثیر دو نیروی مخالف جانبی بر روی سنگ‌ها انجام گرفته و باعث ایجاد چین‌خوردگی و رشته کوهها در سطح زمین می‌شود در این نوع دگرگونی چون فشار زیادی به سنگ‌ها وارد می‌شود معمولاً به صورت لایه‌لایه درمی‌آیند.

۹۴- دگرگونی هیدروترمال (گرمایی):

حاصل تأثیر آب بسیار داغ بر سنگ‌هاست. منشأ آبی که موجب تغییرات شیمیایی در سنگ‌ها می‌شود ممکن است که از ماگما آب‌های زیرزمینی یا آب اقیانوسها باشد که در بستر اقیانوسها به ماگمای داغ نزدیک می‌شود.

۹۵- تغییر در بافت:

سنگ‌های دگرگون شده از تغییر سنگ‌های آذرین - رسوبی دگرگون حاصل می‌شوند به طوری که بافت سنگ‌های قدیمی تغییر کرده و از نظر شکل دانه‌ها - اندازه‌ی دانه‌ها و رابطه‌ی بین دانه‌های مجاور دستخوش تغییرات اساسی می‌شوند.

۹۶- شکل دانه‌ها:

در بافت سنگ‌ها ممکن است بر اثر فشارهای جهت‌دار و نوع کانی‌های موجود در سنگ بافت‌های جدیدی را به وجود می‌آورد.

- بافت شیستوزیته در سنگ‌های دگرگونی زمانی اتفاق می‌افتد که ورقه ورقه یا فلس مانند به خود می‌گیرند.  
 - بافت فولیاسیون: این بافت نیز در صورت داشتن کانی‌های غیر ورقه‌ای مثل کوارتز و فلدسپات و تحت تأثیر فشارهای جهت‌دار سنگ حالت نواری یا لایه‌ای به خود می‌گیرد.

۹۷- اندازه دانه‌ها:

اگر کانی‌های دانه‌ریز با هم یکی شده و کانی درشت‌تری را به وجود می‌آورند به آن تبلور مجدد دوباره می‌گویند. ممکن است بر اثر نیروهای وارده کانی‌های درشت‌تری خرد شده و به کانی‌های ریزتر تبدیل می‌شوند.

۹۸- رابطه‌ی بین دانه‌ها:

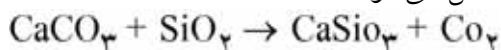
بین دانه‌های سنگ‌های قدیمی یا بافت سنگ بر اثر فشارهای وارد شده تغییر شکل داده و حالت درهم رفته به خود می‌گیرند که به آن بافت مضرسی می‌گویند. بعضی از سنگ‌های دگرگون نظیر هورنفلس دارای این نوع بافت هستند.

۹۹- تغییر در کانی‌ها:

(۱) تغییر در کانی‌ها نیز در سنگ‌های دگرگونی دیده می‌شود به طوری که بر اثر شدت دگرگونی یک کانی به کانی دیگر تبدیل می‌شود.

گرافیت در درجات ضعیف دگرگونی از زغال‌سنگ آتراسیت حاصل می‌شود که در درجات شدید دگرگونی به الماس تبدیل می‌شود.

(۲) تغییر در کانی‌ها ممکن است واکنش شیمیایی بین کانی‌ها منجر به تشکیل کانی جدید دگرگونی شود.  
 ولاستونیت نوعی پیروکسن است که از تأثیر و ترکیب کوارتز و کلسیت حاصل می‌شود.



ولاستونیت سیلیس کلسیت

۱۰۰- آب و سیالات گرم بر ترکیب کانی هم تأثیر گذاشته موجب تجزیه و فعل و انفعالات جدید در کانی‌ها می‌شود. تجزیه فلدسپات‌ها توسط محلول‌های داغ (گرمایی) و تولید کانی‌های آب‌دار از جمله کائولن یا خاک چینی است و تأثیر محلول‌های داغ بر کانی‌های الیوین تولید کانی‌های سرپانتین و سرانجام تالک می‌شود.

۱۰۱- طبقه‌بندی:

طبقه‌بندی سنگ‌های دگرگونی به دو گروه دارای جهت‌یافتگی و بدون جهت‌یافتگی تقسیم می‌شوند.

(۱) سنگ‌های دگرگونی با جهت‌یافتگی شامل: سنگ لوح (اسلیت) - فیلیت - شیت - گنیس

(۲) سنگ‌های دگرگونی بدون جهت‌یافتگی شامل: مرمر - کوارتزیت - هورنفلس

۱۰۲- انواع سنگ‌های دگرگون با جهت‌یافتگی:

(۱) سنگ لوح یا اسلیت از دگرگونی ضعیف شیل‌ها حاصل می‌آید و ذرات آن بسیار دانه‌ریز است.

(۲) فیلیت نوعی اسلیت است که میکای زیادی در ساختمان سنگ وجود دارد و بافت شیستوزیته آن جلای براق دارد. از دگرگونی ضعیف شیل‌ها حاصل می‌آید.

(۳) شیست بر اثر دگرگونی شدید شیل‌ها به وجود می‌آید و براساس وفور کانی‌های موجود در سنگ تغییر نام می‌دهند. میکا زیاد باشد سنگ میکاشیست و اگر گرافیت یا تالک زیاد باشد به ترتیب گرافیت - شیست و تالک شیست گفته می‌شود.

۱۰۳- گنیس از دگرگونی گرانیته‌ها و ماسه سنگ‌های فلدسپات‌دار به وجود می‌آید. و دو نوع بافت در این سنگ‌ها دیده می‌شود. کانی‌های ورقه‌ای آن (میکاه‌ها) تشکیل بافت شیستوزیته و کانی‌های غیرورقه‌ای آن مانند کوارتز و فلدسپات بافت فولیاسیون را به وجود می‌آورد.

۱۰۴- انواع سنگ‌های دگرگونی بدون جهت‌دار:

(۱) مرمر سنگ آهک دگرگون شده است و در آن بلورهای ریز کلسیت، مجدداً متبلور شده و به صورت دانه‌درشت درآمده است مرمر فاقد جهت‌یافتگی است و منظره دانه قندی دارد.

(۲) کوارتزیت ماسه‌سنگ دگرگون شده است به طوری که بین دانه‌های درشت کوارتز، از سیمان سیلیس متبلور پر شده است سیمان کوارتزیت استحکام بسیار زیادی دارد این سنگ از سیلیس تقریباً خالص است و در شیشه‌سازی به کار می‌رود.

۱۰۵- هورنفلس (Homfels) از دگرگونی مجاورتی شیل‌ها و شیست‌ها به وجود می‌آید. در دمای زیاد و در هاله‌ی دگرگونی به وجود می‌آید و سنگ سخت و سیاه است دانه‌ریز و متراکم با بافت مضرسی و فاقد هر نوع جهت‌یافتگی

۱۰۶- درجات دگرگون و کانی‌های شاخص:

درجات دگرگونی براساس گرمای درون زمین و فشارهای وارده به درجه‌ی پائین (ضعیف) و درجه‌ی بالا (شدید) تقسیم می‌شود و مشخصات اولیه بسیاری از سنگ‌ها در درجه پائین دگرگونی حفظ می‌شود و تشخیص سنگ آسان است ولی در درجات شدید این مشخصات از بین می‌رود.

۱۰۷- دگرگون و منابع طبیعی:

از سنگ‌های دگرگونی در صنعت استفاده‌های زیادی می‌شود از گرافیت در تهیه‌ی زغال دینام و مغز مداد و ... و گارنت کاغذ سمباده و زیتتی و آزبست لباس ضدآتش و لنت ترمز و تالک در صنایع دارویی کاربرد دارد. هم چنین از کانی کیانیت در چینی شمع‌خودروها استفاده می‌شود سنگ مرمر و سرپانتین هم به علت ظاهر زیبا به عنوان سنگ‌های نمای ساختمان‌ها و در مجسمه‌سازی کاربرد دارد.

۱۰۸- تغییرات سنگ‌ها:

فرآیند تغییر در برخی از سنگ‌ها کند انجام می‌شود مانند: هوازدگی و بعضی تند انجام می‌گیرد مانند: زمین لغزه - هوازدگی: یکی از فرآیندهای تغییر است که نتیجه فعالیت عوامل فیزیکی و شیمیایی و زیستی است. - نتیجه عمل هوازدگی غالباً در بریدگی جاده‌ها و دیواره رودخانه‌ها مشهود است.

۱۰۹- هوازدگی: هوازدگی بر دو نوع است.

(۱) فیزیکی: عبارت است از خرد شدن فیزیکی سنگ‌ها به قطعات کوچک‌تر بدون تغییر در ترکیب آن  
(۲) شیمیایی: کانی‌های موجود در سنگ تغییر شیمیایی پیدا کرده و به مواد ساده‌تر دیگر تبدیل می‌شود. - در هوازدگی فیزیکی، رطوبت و دما نقش اصلی را دارند و موجب انجام آن می‌شوند. - گیاهان و جانوران نیز با تولید اسید در عمل هوازدگی نقش مهمی دارند.

۱۱۰- پایداری سنگ‌ها در برابر هوازدگی:

پایداری سنگ‌ها در برابر هوازدگی به عوامل مختلف بستگی دارد:

(۱) ترکیب و ساختمان سنگ (۲) اقلیم (۳) شیب زمین (۴) زمان  
- سرعت هوازدگی سنگ‌ها نیز به بافت و ساختمان سنگ بستگی دارد.  
- رطوبت و گرما دو عامل تشدیدکننده‌ی واکنش‌های شیمیایی‌اند. بنابراین در مناطق گرم و پرباران هوازدگی شیمیایی فوق‌العاده فعال است.

۱۱۱- خاک:

خاک محصول نهایی هوازدگی و نتیجه‌ی تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها همراه با بقایای جانداران در حال فساد است.

- مواد معدنی خاک - کوارتز - کانی‌های رسی و ترکیبات عناصر پتاسیم - فسفر و نیتروژن است.

- مواد آلی خاک = هوموس یا گیانخاک

- در نیم‌رخ خاک سه افق  $A, B, C$  دیده می‌شود که به ترتیب از سطح زمین تا سنگ بستر به صورت لایه‌های افقی می‌باشند که  $C$  روی سنگ بستر است.

۱۱۲- انواع مختلف خاک:

(۱) خاک مناطق سرد (۲) خاک مناطق حاره‌ای (استوایی) یا جنگل‌ها (۳) خاک بیابان (۴) خاک مناطق معتدل که بهترین خاک از نظر کشاورزی است.

۱۱۳- فرسایش:

فرآیندی که مواد هوازده و متلاشی شده سنگ‌های سطح زمین در طی آن جابه‌جا می‌شوند.

عواملی که در فرسایش سنگ‌ها دخالت دارند، عبارتند از:

(۱) نیروی جاذبه

(۲) آب‌های جاری

(۳) آب‌های زیرزمینی

(۴) یخچال‌ها

(۵) دریا و باد



۱۱۴- حرکت مواد در دامنه‌ها به سه صورت مختلف انجام می‌گیرد.

ریزش - لغزش - جریانی

ریزش: حرکت و سقوط ذرات سنگ و خاک از پرتگاه‌ها و سراشیب‌های تند

لغزش: حرکت توده‌های سنگ یا رسوب در امتداد سطوح لغزشی می‌خوانند

جریانی: حرکت مواد به صورت خمیری یا نیمه مایع به سمت پایین

۱۱۵- نیروی جاذبه:

نیروی جاذبه توده‌ای سنگ و خاک را در سراشیبی‌ها بدون دخالت عوامل حمل و نقل به حرکت درمی‌آورد.

آب جاری:

آب‌های جاری که همان رودخانه‌های کوچک و بزرگ‌اند، همواره در سطح زمین جریان دارند و یکی از عوامل

تغییردهنده سطح زمین‌اند.

۱۱۶- اعمال تخریبی آب‌های جاری:

فرسایش ورقه‌ای - فرسایش قهقراپی - ایجاد سطح اساس یا سطح مبنا - تشکیل آبشار و ایجاد دره.

آب‌های زیرزمینی:

آب‌های زیرزمینی یا آب‌های فرورو با داشتن مقدار دی‌اکسیدکربن حالت اسیدی پیدا کرده و موجب تخریب

قسمت‌های درون زمین می‌شود از اعمال آب‌های زیرزمینی در مناطق آهکی تشکیل غار است.

۱۱۷- یخچال‌ها:

یخچال‌ها با نیروی زیادی که دارند سنگ‌های بستر را فرسایش و تخریب می‌کنند موادی که توسط یخچال‌ها حمل

می‌شود مورن گفته می‌شود. مورن به مورن پیشانی - کناری - زیرین و میانی تقسیم می‌شوند. یخچال‌ها موجب مخطط

شدن مورن‌ها می‌شوند (جبهه‌ای)

- یخچال‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: یخچال‌های قطبی - یخچال‌های دره‌ای

۱۱۸- دریاها:

دریاها هم از عوامل تخریبی و تغییردهنده سطح زمین‌اند و با نیرویی که در لبه امواج آب دریا وجود دارد سواحل سنگی

خود را تخریب نموده و به مرور زمان فرسایش می‌دهند.

۱۱۹- باد:

باد هم یکی از عوامل تغییردهنده سطح زمین است باد در مناطق خشک و بیابانی عمل فرسایش خود را بیشتر انجام

می‌دهد. باد نسبت به یخچال و آب نقش کمتری در تغییرات سطح زمین دارد. باد ذرات سطح زمین را به دو صورت

بار بستری و بار معلق به حرکت درآورده جابه‌جا می‌کند.

۱۲۰- سنگ یا تکه‌سنگی که باد آن‌ها را تخریب و فرسایش می‌دهد به سایش ماسه‌ای یا باد ساب موسوم است و برحسب

شرایط سطح آن‌ها را شیاردار - نقطه‌نقطه یا صیقلی می‌نماید.

- باد در مناطق بیابانی در رسوبات نرم ایجاد شیارهایی می‌کند که به آنها «باد کند» و تیغه‌های بین شیارها را

«یاردانگ» می‌گویند.

۱۲۱- رسوب گذاری:

به طور کلی به موادی که توسط عوامل فرسایشی حمل شده و در محیط های رسوبی ته نشین می شوند، رسوب می گویند.

آب های جاری: به طور کلی به موادی که توسط عوامل فرسایش حمل شد و در محیط های رسوبی ته نشین می شوند رسوب می گویند.

آب های جاری در محیط های رسوبی رودخانه ها در سطح زمین با تشکیل مخروط افکنه - دلتا - تراس آبرفتی و دشت سیلابی رسوب گذاری خود را انجام می دهند.

۱۲۲- آب های زیرزمینی:

آب های زیرزمینی علاوه بر رسوب گذاری مواد محلول خود به صورت استلاکتیت در سقف غارهای آهکی و استلاکتیت در کف غارهای عمل جانشینی را انجام می دهند (یک ماده در آب حل شود و هم زمان جای آن با ماده ی معدنی جدیدی پر شود)

۱۲۳- یخچال ها:

یخچال ها مواد را به دو صورت رسوب می دهند:

۱) رسوبات درهم یا تیل (ریز و درشت با هم و بدون لایه بندی)

۲) رسوبات مطلق (فقط ذرات ریز به صورت لایه لایه)

۱۲۴- اقیانوس ها:

اقیانوس ها نیز موادی رسوبی خود را در مناطق مختلف بستر خود ته نشین می کنند. منشأ موادی که وارد اقیانوس ها می شود ممکن است از قاره ها حمل شده باشند و یا آب دریا به صورت مواد شیمیایی در آنها تشکیل دهد و یا توسط جانداران که در دریا زندگی می کنند و بقایای پوسته و صدف بدن آنها باشد و به هم چنین از خاکسترهای آتش فشان و یا غبارهای شهاب سنگ ها باشد.

- مهم ترین رسوبات دریایی و اقیانوس ها را رسوبات پلاژیک می گویند که مربوط به اقیانوس های باز است و دور از حاشیه قاره هاست.

۱۲۵- مهم ترین جانداران که رسوبات پلاژیک را تشکیل می دهند از روزنداران و شعاعیان هستند هم چنین رسوبات آهکی به جا مانده از مرجان ها (ریف های آهکی) نیز از رسوبات اقیانوسی به شمار می روند.

- در بخش های بسیار عمیق کف اقیانوس ها نیز رسوباتی از ترکیبات منگنز (گرهک های منگنز) شامل اکسیدهای منگنز و آهن است.

۱۲۶- باد هم ذرات حمل شده را سرانجام به صورت رسوبات بادی در بیشتر مناطق بیابانی ته نشین کرده و ایجاد تلماسه می نماید.

تلماسه ها شکل نامتقارن دارند و اغلب ذرات آنها از جنس کوارتز است و گردشگری و جورشدگی خوبی دارند.