

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)

## سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه
- تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملاً رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)

دانشگاه پیام نور  
گروه زمین شناسی

نام درس: ژئوشیمی

تعداد واحد: ۳

نام منبع: اصول ژئوشیمی ، میسون و مر ،

مترجم محمد بهرامی ، انتشارات دانشگاه پیام نور

تهیه اسلاید : جمشید احمدیان

# طرح درس

مقدمه

زمین در ارتباط با کیهان  
ساختار و ترکیب زمین  
ترمو دینامیک و شیمی بلورها  
ماگماتیسم و سنگهای آذرین  
رسوبگذاری و سنگهای رسوبی  
دگرگونی به عنوان فرآیندی ژئوشیمیایی

# اهداف درس

آشنایی با تاریخچه ژئوشیمی  
آشنایی با منظومه شمسی  
بررسی ساختمان زمین  
آشنایی با مفاهیم بنیادی ترمو دینامیک  
بررسی ژئوشیمی سنگهای آذرین، رسوبی و  
دگرگونی

## جایگاه درس

ژئوشیمی یکی از دروس اصلی دوره کارشناسی رشته زمین شناسی است که پیش نیاز دروس متعددی نظیر پترولوژی و زمین شناسی اقتصادی می باشد .

# فصل اول

## مقدمه

در این فصل با مطالب زیر آشنا  
می شویم:

موضوع ژئوشیمی

تاریخچه ژئوشیمی



Encarta Encyclopedia, NASA/Science  
Source/Photo Researchers, Inc.

جمشید احمدیان — دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## موضوع ژئوشیمی

علمی است که با شیمی کل زمین و بخش های سازنده آن  
مربوط  
است.

به عبارت دیگر علمی است که با توزیع و مهاجرت عناصر  
شیمیایی در محدوده زمین ، در فضا و زمان سر و کار  
دارد.

# تاریخچه ژئوشیمی

تاریخچه ژئوشیمی شامل بخش بزرگی از تاریخ علوم شیمی و زمین شناسی می شود اما به طور عمده در قرن بیستم توسعه یافته است.



# فصل دوم

## زمین در ارتباط با کیهان

در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:



Encarta Encyclopedia, NASA/Science Source/Photo Researchers, Inc.

ماهیت جهان  
منظومه شمسی  
شخانه ها

فراوانی عناصر در فضا  
شکل گیری جهان

# ماهیت جهان

زمین بخشی از منظومه شمسی است. این منظومه شامل خورشید، سیارات و اقمار شان، سیارک ها ، ستاره های دنباله دار و شهاب سنگ ها است.

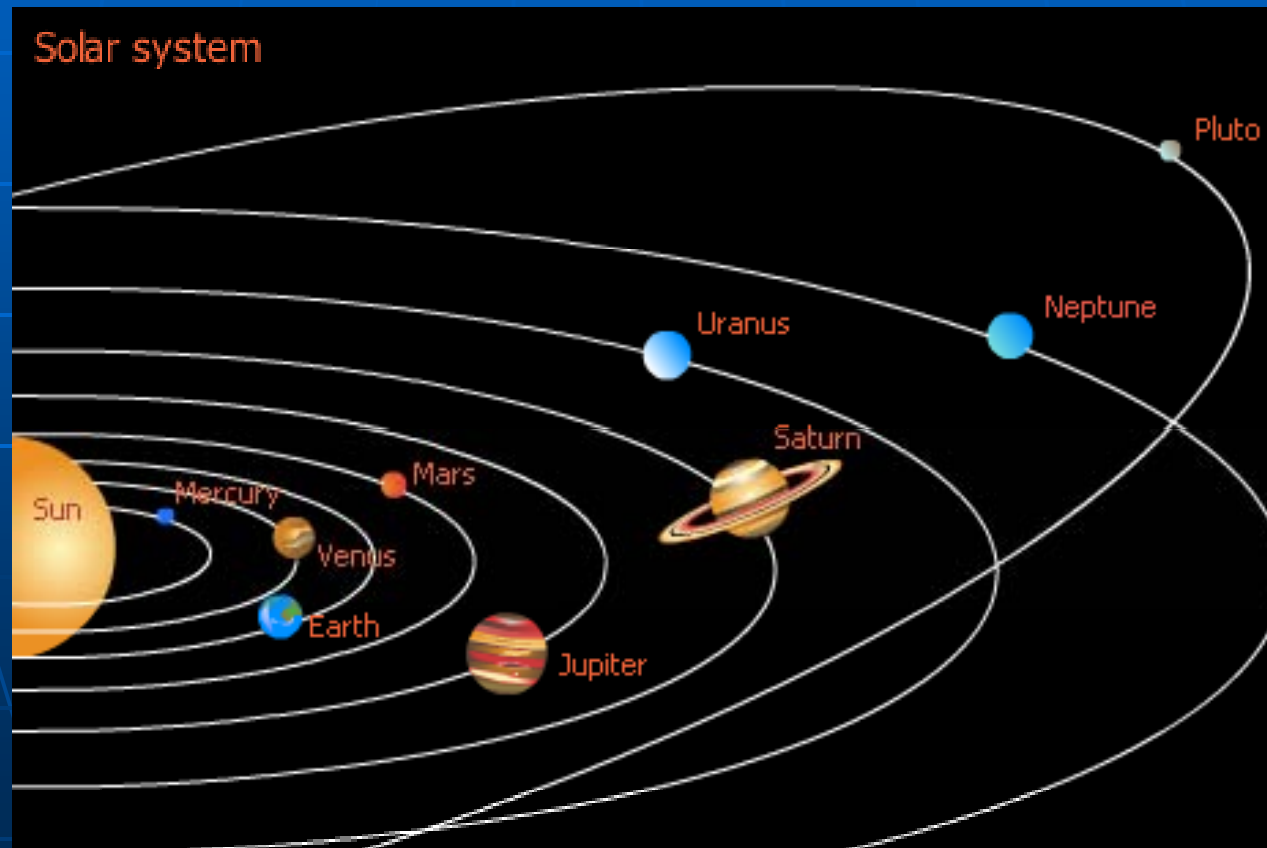
# سن جهان

سن نجومی جهان را در حدود ۱۶ میلیارد سال تعیین می کنند.  
سن عناصر از زمانی به حساب می آید که سرب های  
رادیواکتیو تماما از عناصر مادر تشکیل شده بودند.

سن زمین ۶/۴ میلیارد سال تعیین شده است که برابر سن شهاب سنگها و نیز سنگهای کره ماه است.  
سن قدیمیترین سنگهای کشف شده زمین در منطقه ای در آفریقا ۳۶۰۰-۳۰۰۰ میلیون سال تعیین شده است.

# ماهیت منظومه شمسی

منظومه شمسی با همه عظمت در مقایسه با کل جهان کم اهمیت است.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## مهمترین نظام های منظومه شمسی

۱- خورشید بیش از  $۸/۹۹$  جرم منظومه را به خود اختصاص داده در حالی که  $۲\%$  ممان زاویه ای را دارا می باشد.

۲- سیارات همگی در یک جهت و در مدارهای بیضوی به دور خورشید می گردند.

۳- سیارات در همان جهتی که به دور خورشید می چرخند  
به دور خود نیز می چرخند. (به جز اورانوس و زهره که  
دارای چرخش معکوس هستند.)

۴- فاصله سیارات دارای نظم خاصی است ، که از قانون باد  
پیروی می کند.

## منشأ منظومه شمسي

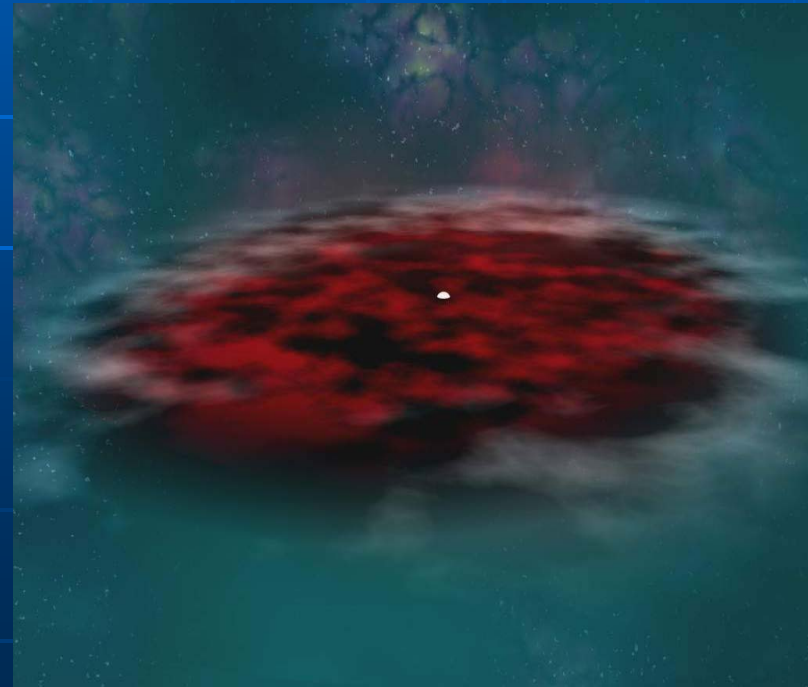
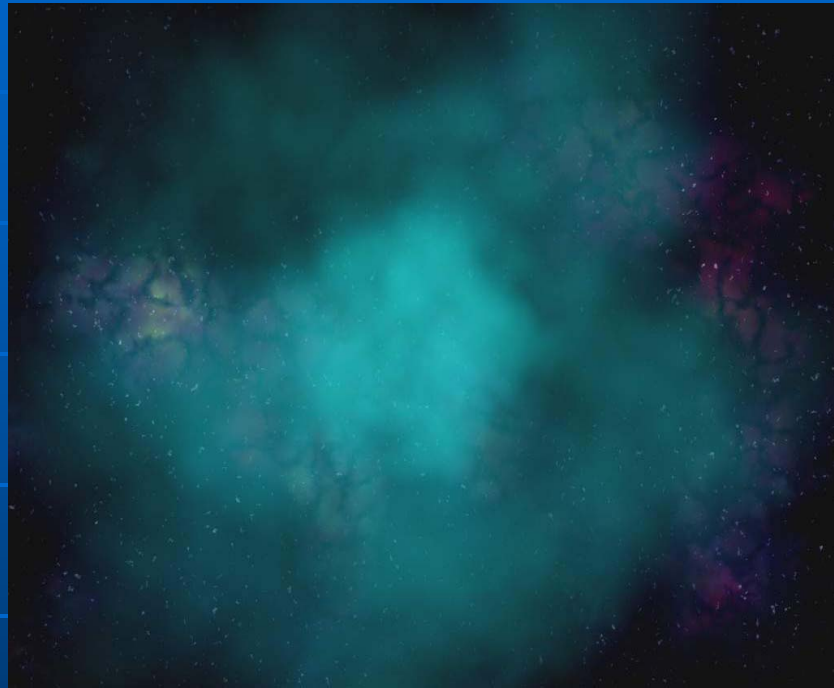
طبق نظر اكثر دانشمندان منشأ منظومه شمسي يك سحابي اوليه بوده است ، اما در چگونگي جدایش سیارات از آن اختلاف نظر وجود دارد . از مهمترین این نظریه ها تفکرات كلارك ، لاپلاس و فون ويتساكر است .



## نظریه فون ویتساگر

سحابی اولیه با سرعت در حال چرخش است و به وسیله  
هاله ای متشکل از ذرات جامد و گاز احاطه شده است. در  
این هاله، مرکزی شبیه گرداب ایجاد می شود که موجب  
اجتماع مواد و در نهایت تشکیل سیارات می شود.

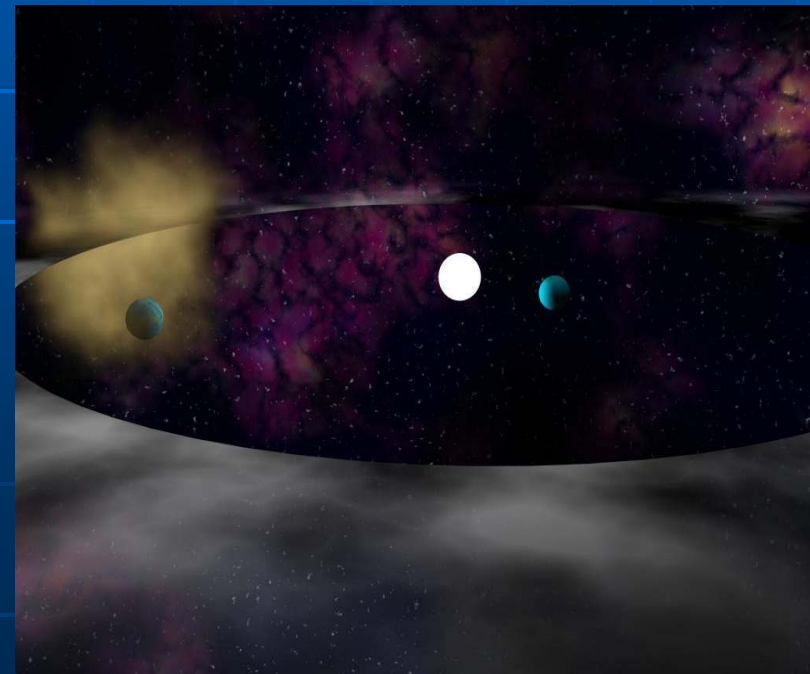
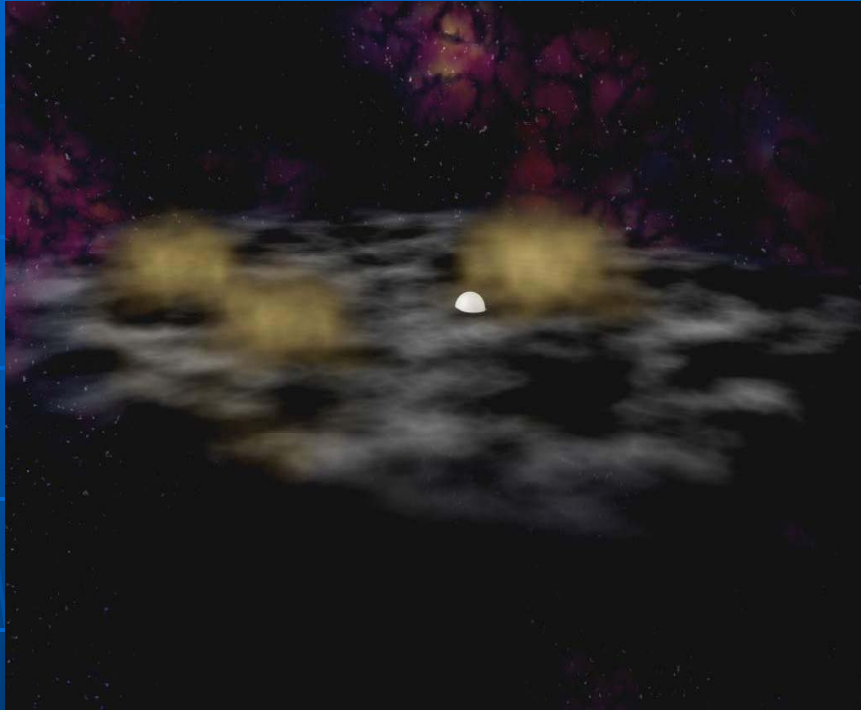
# سحابي اوليه



جمشيد احمديان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

Courtesy JPL <http://cougar.jpl.nasa.gov/HR4796/anim.html>

# تشکیل سیارات



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## TWO PLANET FORMATION SCENARIOS

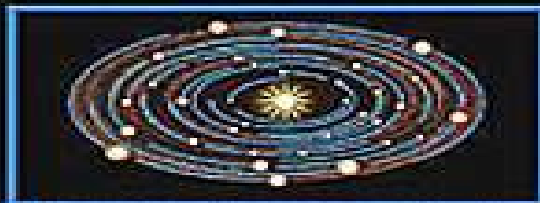
### Accretion model



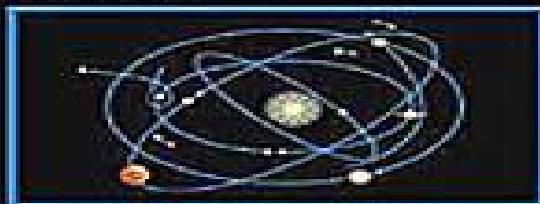
Orbiting dust grains accrete into "planetesimals" through nongravitational forces.



Planetesimals grow, moving in near-coplanar orbits, to form "planetary embryos."



Gas-giant planets accrete gas envelopes before disk gas disappears.



Gas-giant planets scatter or accrete remaining planetesimals and embryos.

### Gas-collapse model



A protoplanetary disk of gas and dust forms around a young star.



Gravitational disk instabilities form a clump of gas that becomes a self-gravitating planet.



Dust grains coagulate and sediment to the center of the protoplanet, forming a core.



The planet sweeps out a wide gap as it continues to feed on gas in the disk.

NASA and A. Feild (STScI)

# ترکیب شیمیایی جهان

فراوانی نسبی عناصر مختلف در همه جای جهان تقریباً یکسان است. کمتر اتفاق افتاده عنصری که وجود آن روی زمین شناخته نشده باشد، در جای دیگری کشف شود.

# ترکیب شیمیایی خورشید

حدود ۷۰ عنصر در طیف خورشید مشخص شده است، بقیه عناصر جدول تناوبی به واسطه فراوانی کم مشاهده نشده اند.

فراوانترین عناصر در اتمسفر خورشید هیدروژن و هلیوم هستند.

# ترکیب شیمیایی سیارات

سیارات منظومه شمسی را به دو دسته چگالی بالا (سیارات درونی) و کم چگالی (سیارات بیرونی) تقسیم می کنند.

## سیارات درونی:

عطارد فاقد اتمسفر است و چگالی آن مشابه زمین است.

زهرة نزدیکترین همسایه ما بوده و اتمسفر بسیار متراکمی دارد که تقریباً به طور کامل از دی اکسید کربن و ازت تشکیل شده است.

مریخ دارای اتمسفر رقیق است و رنگ آن به واسطه پوشش اکسید آهن، قرمز رنگ است.



## سيارات خارجي

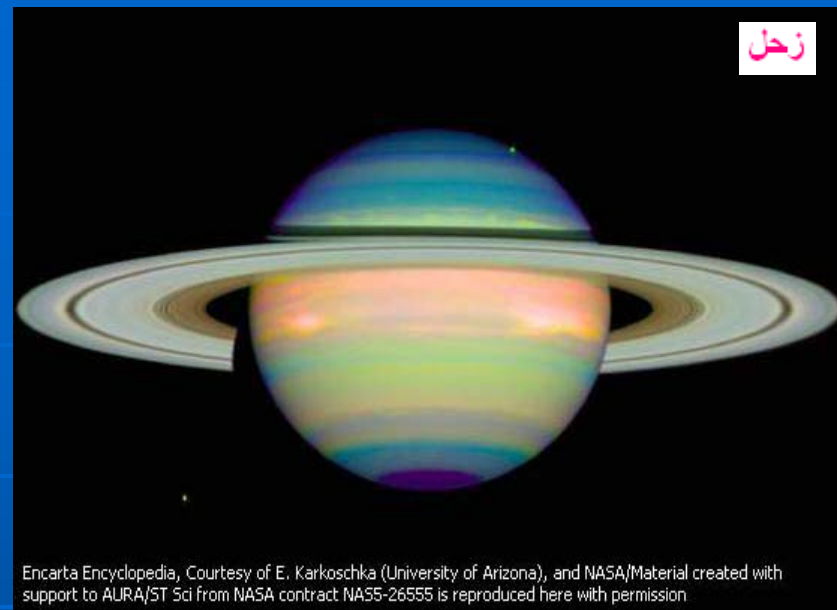
مشتري ، زحل ، نپتون و اورانوس داراي خصوصيات  
مشترك مانند چگالي كم ، اتمسفر ضخيم و فراواني هليم و  
هيدروژن هستند.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان



مشتری



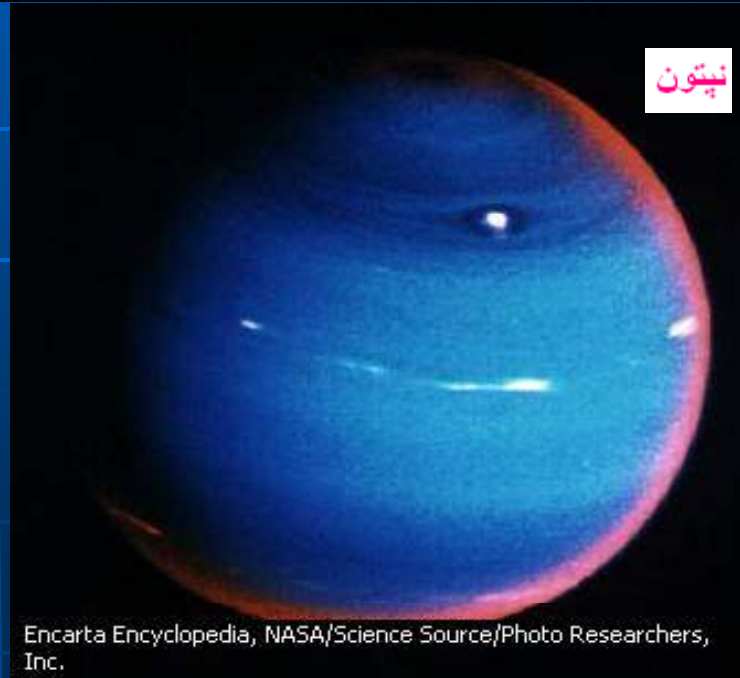
زحل

Encarta Encyclopedia, Courtesy of E. Karkoschka (University of Arizona), and NASA/Material created with support to AURA/ST Sci from NASA contract NASS-26555 is reproduced here with permission



اورانوس

Encarta Encyclopedia, NASA



نپتون

Encarta Encyclopedia, NASA/Science Source/Photo Researchers, Inc.

جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## ترکیب سیاره مانند ها (آستروئید ها)

مستقیماً نمونه برداری نشده اند اما مطالعات طیف نگاری نشان می دهد که ترکیبی شبیه به کندریت های کربن دار دارند.

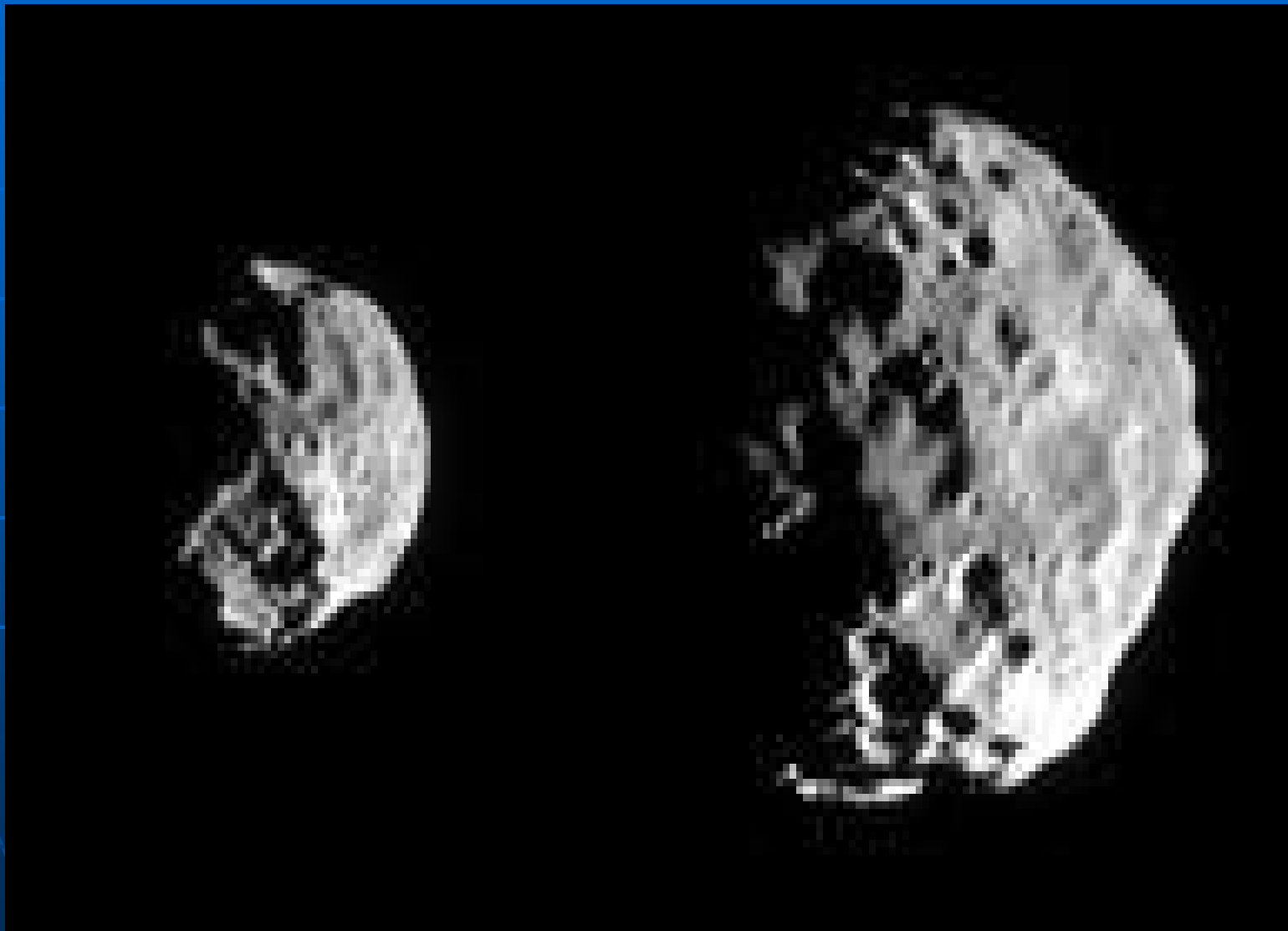


جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

# ترکیب شخانه ها

شهاب سنگها (شخانه ها) را به سه دسته تقسیم می کنند:

- ۱- سیدریت ها یا شخانه های آهنی (۹۸% فلز)
- ۲- سیدرولیت ها یا شخانه های سنگ آهنی (۵۰% فلز ، ۵۰% سیلیکات)
- ۳- آئروولیت ها یا شخانه های سنگی



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## سیدریت ها

اساسا شامل يك يا دو فاز فلزي نیکل – آهن و معمولا با مقدار جزئی تروایلیت، شرایبرسیت و گرافیت همراهند.  
بخش فلزي ساختار مشخصي موسوم به **ویدمن اشتاتن** از خود نشان مي دهد.



## ساختار ویدمن اشتاتن

این ساختار از لایه هایی از کاماسیت (آلیاژی از آهن و نیکل با نیکل حدود ۶٪) با حاشیه ای از تاننیت (آلیاژی از آهن و نیکل با نیکل حدود ۳۰٪) تشکیل می شود.

# انواع سیدریت ها

## ۱- هگزا هیدریت ها

شخانه های آهنی که به طور کامل از کاماسیت تشکیل شده اند.

## ۲- آتاکسیت ها

شخانه هایی با نیکل بیش از ۱۴% که بیشتر دارای تاننیت هستند.

## سیدرولیت ها

این دسته دارای آلیاژ آهن- نیکل و سیلیکات به نسبت تقریباً مساوی است. و به دو گروه تقسیم می شود:

### ۱- پالاسیت ها

دارای زمینه پیوسته آهن – نیکل است که دانه های اولیوین را احاطه کرده اند.

### ۲- مزوسیدریت ها

دارای فاز فلزی ناپیوسته است.

# آثروليت ها

اين شخانه ها بر مبناي بافت به دو دسته تقسيم مي شوند:

## ۱- كندريت ها

نام كندريت بر اساس حضور كندريول است كه اجسامي كوچك و گرد بوده و بيشتر از اوليوين يا پيروكسن تشكيل شده اند.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## کندریت های کربن دار

کندریت های کربن دار گروهی از کندریت ها هستند که منحصر به فرد بوده، زیرا تا ۱۰٪ وزنی دارای ترکیبات کمپلکس آلی می باشند. منشأ این ترکیبات آلی، فرازمینی است.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## ۲-ناکندريت ها

ناکندريت ها گروهی از شخانه های سنگی هستند که کندريول نداشته و از نظر ترکیب و بافت مشابه سنگهای آذرین زمینی هستند.



## تکتیت ها

شخانه های شیشه ای هستند که از یک شیشه غنی از سیلیس (مشابه اوبسیدین) تشکیل شده اند.

# فراواني عناصر در فضا

به طور كلي نوعي شباهت بين فراواني نسبي عناصر در خورشيد وساير نقاط كيهان به چشم مي خورد كه با بررسي اين شباهت ها مي توان به موارد مهمي اشاره كرد:

۱- فراوانی عناصر کاهش نمایی و سریع برای عناصر دارای اعداد اتمی پایین (تا حدود ۴۰) را نشان می دهد.

۲- عناصر دارای عدد اتمی زوج فراوانتر از عناصر دارای اعداد اتمی فرد واقع در دو طرف خود می باشند. (قانون اود و-هارکینز)

۳- تغییر فراوانی نسبی عناصری که عدد اتمی آنها بیشتر از نیکل است ، کمتر از عناصری است که عدد اتمی آنها کمتر از عدد اتمی نیکل می باشد.

۴- در محل عدد اتمی ۲۶ يك قله فراوانی بسیار مشخص دیده می شود .

۵- تنها ده عنصر H-He-C-O-Ne-Mg-Si-S-Fe

که عدد اتمی همه آنها کوچکتر از ۲۷ است فراوانی قابل ملاحظه ای دارند ، و از این میان هیدروژن و هلیم از هشت عنصر دیگر بسیار فراوان تر هستند.

فراوانی مطلق عناصر به خواص هسته ای آنها بستگی دارد تا  
به خواص شیمیایی آنها

هر عنصر منحصرًا از روی تعداد پروتون های موجود در  
هسته آن ( $Z$ ) مشخص می شود.

$$A=Z+N$$

A جرم اتمی

Z عدد اتمی

N تعداد نوترونها

ایزوتون

عناصری با تعداد نوترون مساوی ولی عدد اتمی و جرم اتمی آنها متفاوت است .

ایزو توپ

عناصری که عدد اتمی آنها یکسان اما جرم اتمی متفاوتی دارند.

ایزو بار

عناصری که جرم اتمی آنها یکسان اما عدد اتمی متفاوتی دارند.



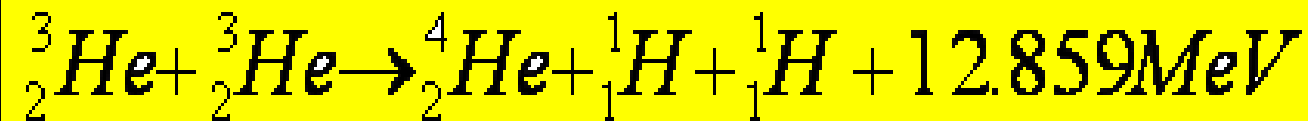
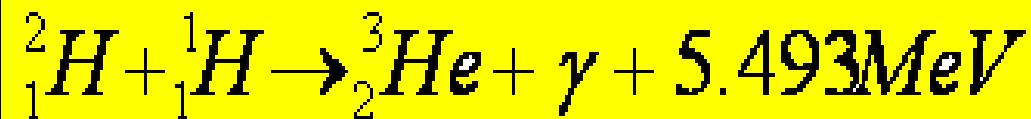
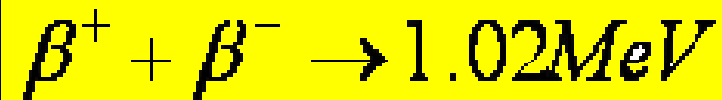
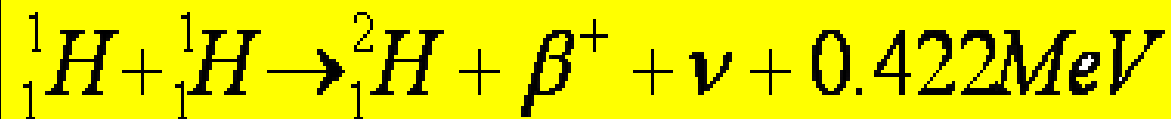
## منشأ عناصر

برطبق نظريه تعادل، فراواني نسبي عناصر نتيجه يك تعادل ترمو ديناميكي منجمد بين هسته هاي اتمي در دما وچگالي بالا مي باشد.

در اين مدل ، ماده نخستين با هيدروژن شروع شد كه ماده اوليه سازنده ستارگان است، مراحل مختلف سنتز به اين شرح است:

## ۱- سوختن هیدروژن

هیدروژن به وسیله چندین نوترون گیری پی در پی می سوزد، تا هلیوم تولید شود.



## ۲- سوختن هلیوم

این مرحله از طریق واکنشهای تصادم های سه پیکره یا سه آلفایی صورت می گیرد.

در این فرایند مکانیزمی برای حذف شدن هسته های ناپایدار با جرم ۸ و ۵ فراهم می آورد. در این لحظه از تکامل ستاره،

${}^1\text{H}$  به  ${}^4\text{He}$  و  ${}^4\text{He}$  به  ${}^{12}\text{C}$  تبدیل شده و تجمعی از

${}^{14}\text{N}$  خواهیم داشت.

## ۳- فرایند آلفا

در هم رفتن بیشتر ستاره، دما و چگالی بیشتری را به دنبال دارد و در این مرحله اکسیژن و کربن می سوزند و سیلیسیم، فسفر و گوگرد تولید می شود.

## ۴- سوختن سیلیسیم

به علت دمای بالا، نرخ واکنش های هسته ای افزایش یافته و عناصر با عدد اتمی بالاتر از سیلیسیم ایجاد می شوند که فراوانترین آنها آهن است.

## ۵- نوترون گيري کند

در این مرحله عناصر سنگین تر از آهن از طریق به اسارت در آوردن نوترونهای آزاد ایجاد می شوند و عناصر سنگین تا بیسموت به وجود می آیند.

## ۶- نوترون گيري سريع



در این مرحله ضمن انفجار عظیم ستاره ای موسوم به سوپر نوا ، عناصر سنگین تر از بیسموت ایجاد می شوند.

## ۷- پروتون گيري سريع

در این مرحله ایزو توپهاي کمیاب غني از پروتون ایجاد مي شوند.

## ۸- فرایند ایکس

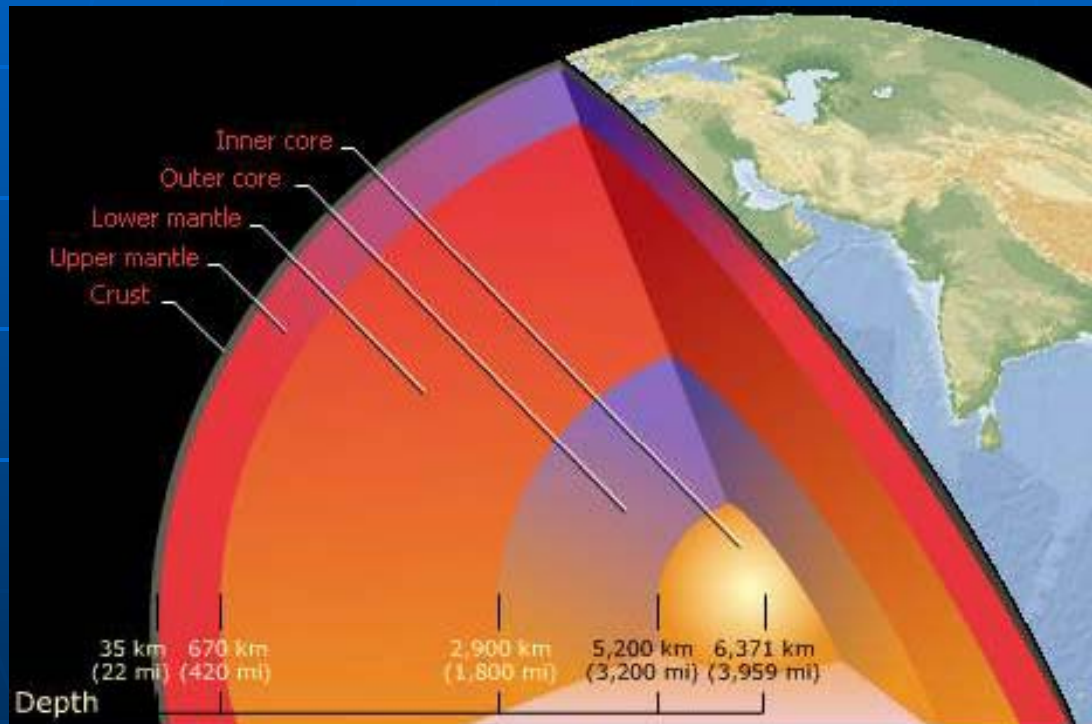
در این مرحله لیتیوم ، برلیم و بور بر اثر در هم شکستن هسته هاي سبك و فراوان کربن و اکسیژن تشکیل مي شوند.



# فصل سوم

## ساختار و ترکیب زمین

در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:



داده های لرزه ای درون زمین  
چگالی درون زمین  
دماي درون زمین  
ساختار درونی زمین  
ترکیب شیمیایی تمام زمین

## داده هاي لرزه اي درون زمين

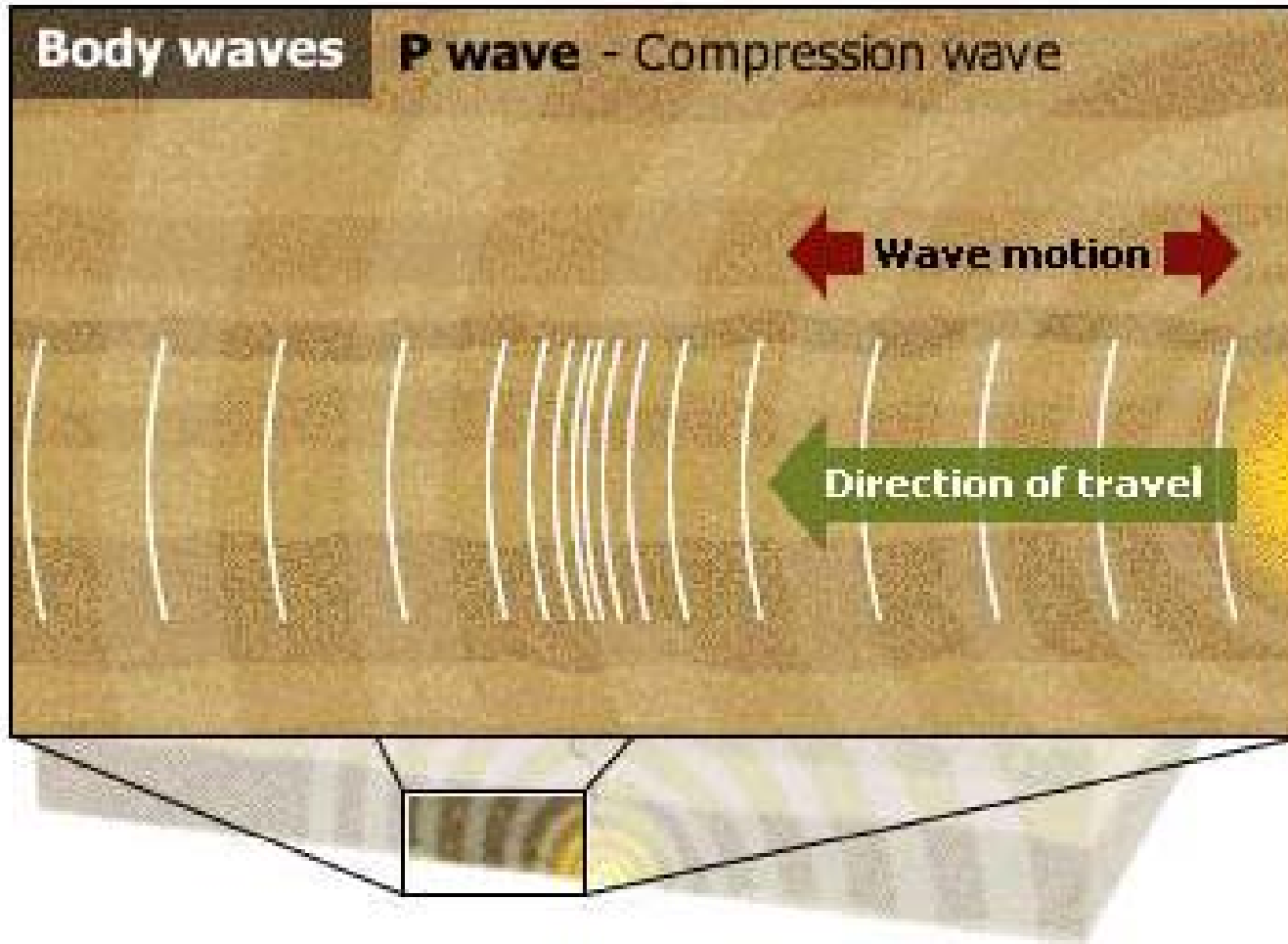
هر زمين لرزه امواج مختلفی را ايجاد مي کند که از میان آنها دو نوع موج از درون زمين عبور مي کنند:

### ۱- امواج اوليه يا امواج P

ارتعاش اين امواج در جهت انتشار آنها صورت مي گيرد. اين امواج سريع بوده و اولين امواجي هستند که به وسيله لرزه نگار ثبت مي شوند.

**Body waves**

**P wave - Compression wave**



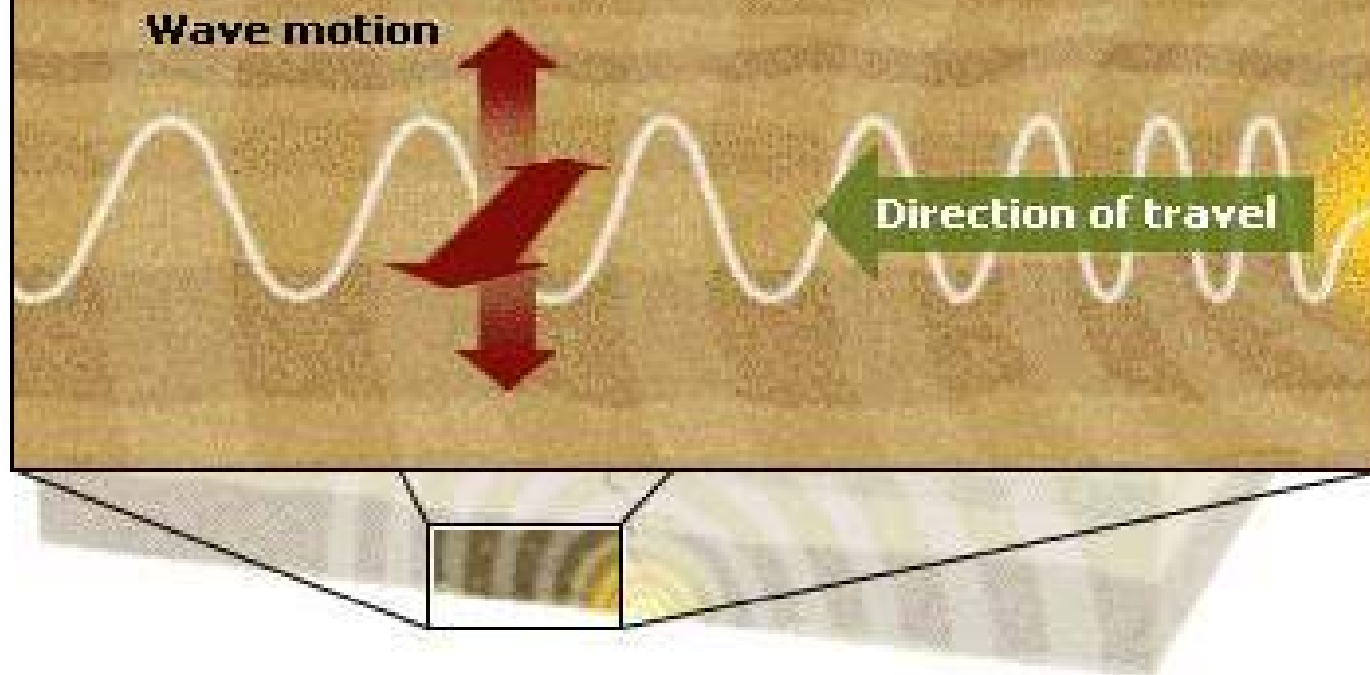
© Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

## ۲- امواج ثانویه یا S

سرعت این امواج کند است و جهت ارتعاش آنها عمود بر راستای انتشار آنها است. به این امواج برشی نیز می گویند. امواج برشی قابلیت عبور از مایعات را ندارند.

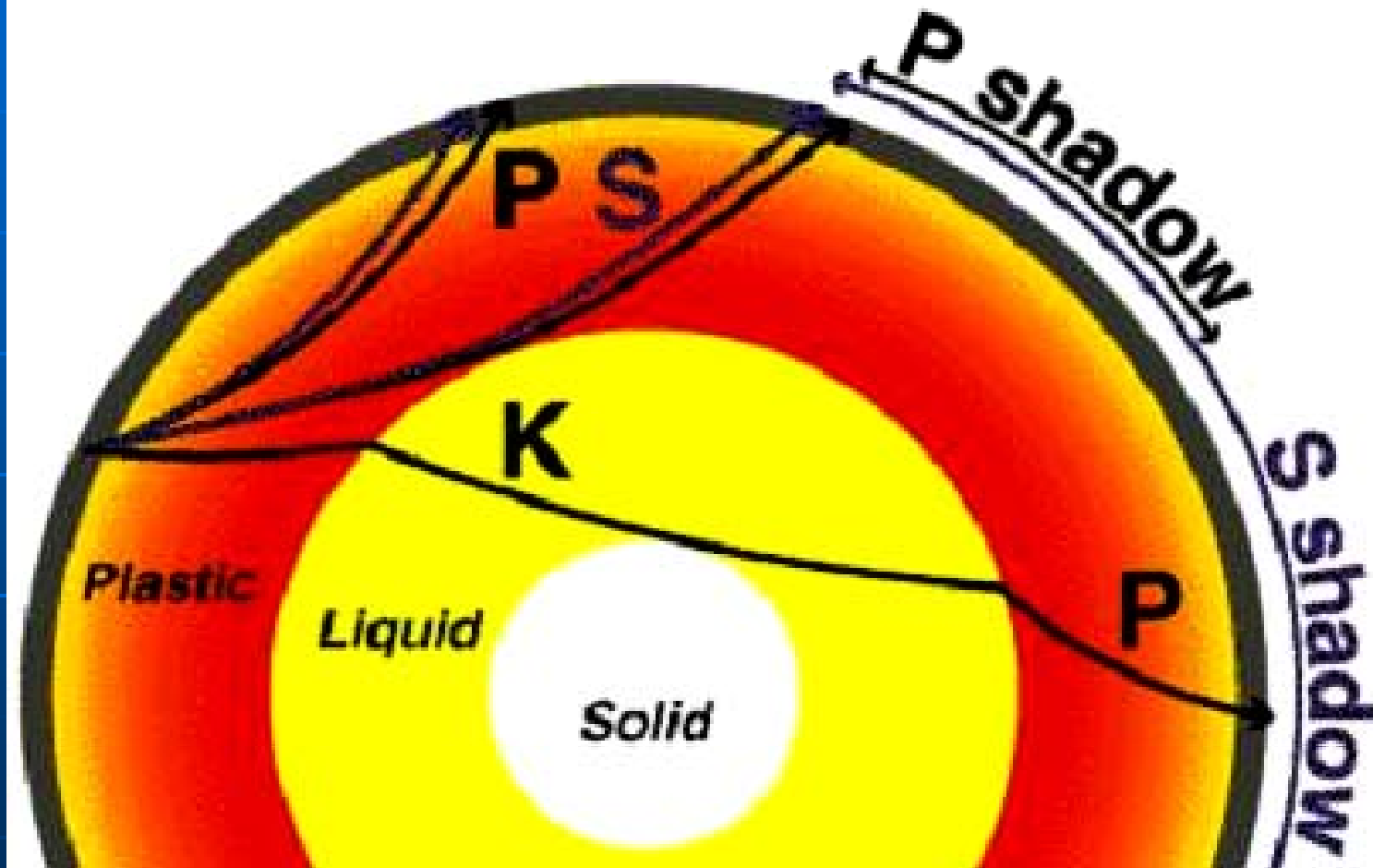
**Body waves**

**S wave - Shear wave**



© Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

## Seismic waves – Earth's structure



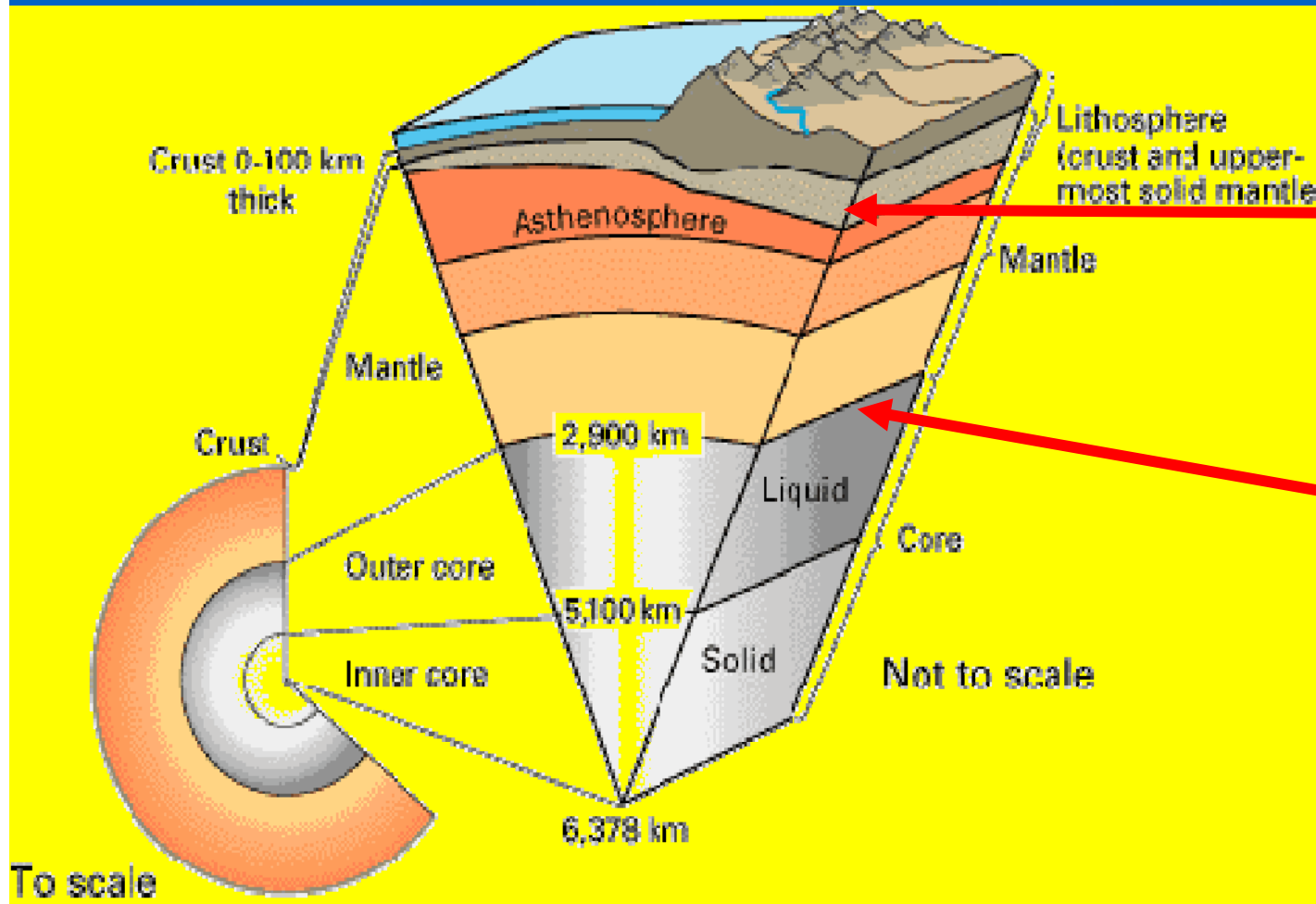
# ناپیوستگی های درون زمین

در موقع عبور امواج از درون زمین ، بسته به چگالی و ضریب الاستیکی مواد امواج شکسته می شوند. بر این اساس دو ناپیوستگی در درون زمین تشخیص داده شده است.

۱- ناپیوستگی موهوروویچیک : حد فاصل پوسته و گوشته  
است .

۲- ناپیوستگی ویچرت – گوتنبرگ : حد فاصل گوشته و هسته  
است .





پوسته

ناپيوستگي مو هو

گوشته

ناپيوستگي ويچرت -  
گوتنبرك

هسته

# چگالي درون زمين

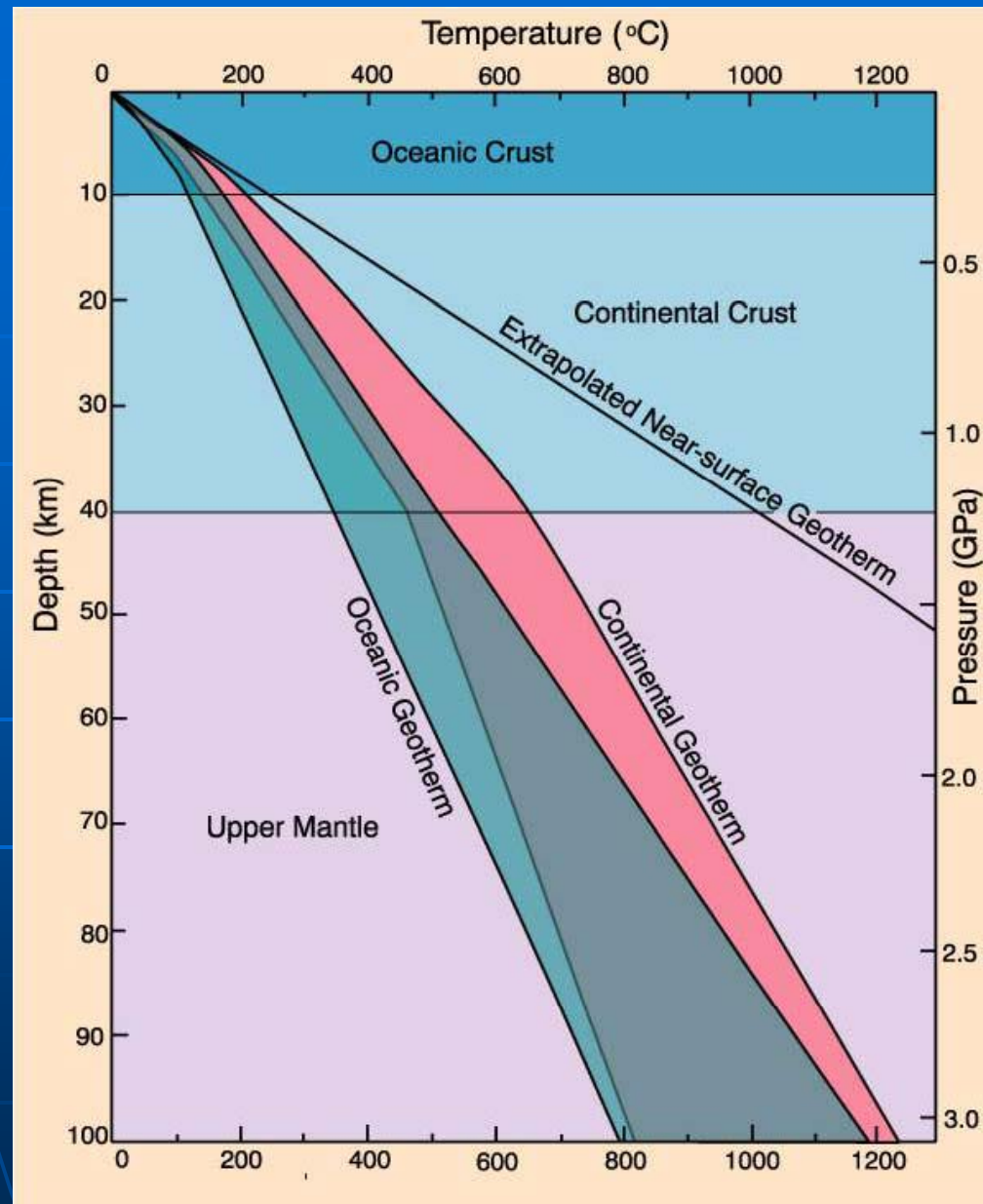
ميانگين چگالي سنگ هاي سطحي حدود  $2/8$  است و چگالي كل زمين  $5/17$  است. اين چگالي زياد را اينگونه توجيه مي کنند:

۱- انقباض و تراکم مواد پوسته اي در فشارهاي خيلي زياد در اعماق زمين باعث افزايش چگالي مي شود.

۲- حضور موادي با چگالي بالا در درون زمين مانند فلزات سنگين

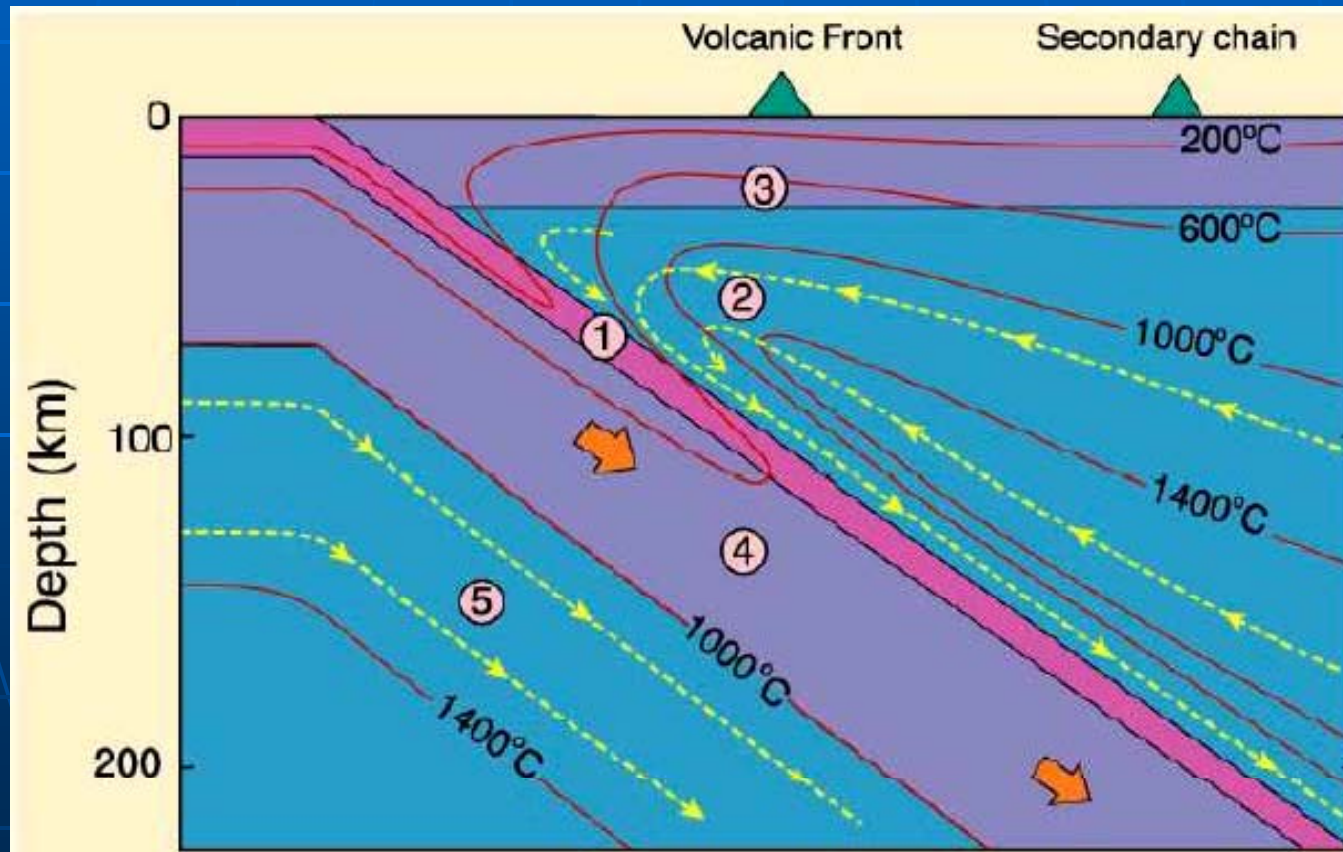
## دماهاي درون زمين

از سطح زمين تا اعماق كم، دما همواره با افزايش عمق زياد مي شود اما در اعماق بيشتر شيب زمين گرمائي يكنواخت مي شود.

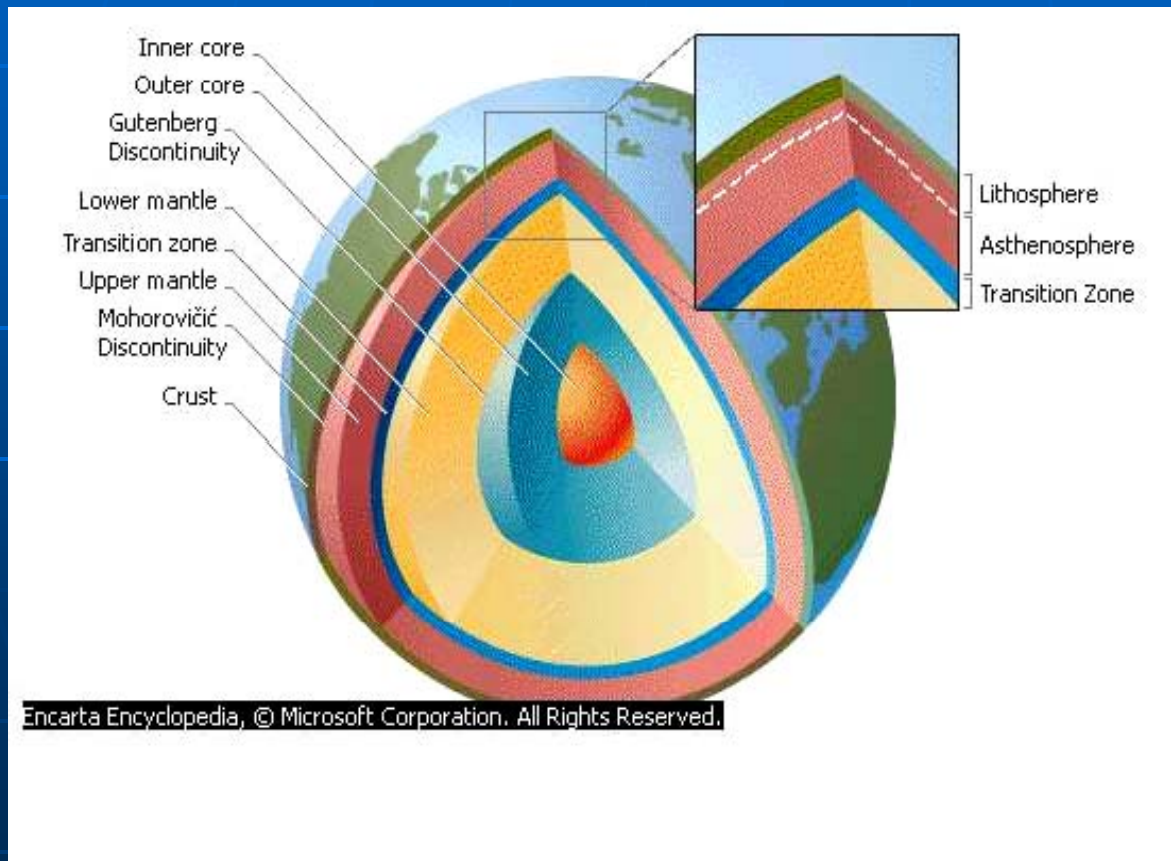


جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

بیشترین میزان جریان حرارتی در سنگهای پوسته مربوط به محل تیغه های میان اقیانوسی است و کمترین آن مربوط به گودال های اقیانوسی است.



# ساختار درونی زمین



بر اساس تفسیر داده های

لرزه ای، زمین به سه بخش پوسته، گوشته و هسته تقسیم می شود.

## ۱- پوسته

پوسته ناهمگن بوده و ضخامت آن در نقاط مختلف متفاوت است. پوسته در اقیانوس ها از جنس بازالت است ولی در قاره ها از دو لایه گرانیتی در بالا و بازالتی در زیر تشکیل شده است.

## ۲- گوشته

گوشته داراي سه لايه بالايي ، مياني و زيرين است.  
منشأ ماگماها ، زمين لرزه هاي عميق ، تکتونيك جهاني  
و شناوري قاره ها در جبهه بالايي و مياني نهفته است.

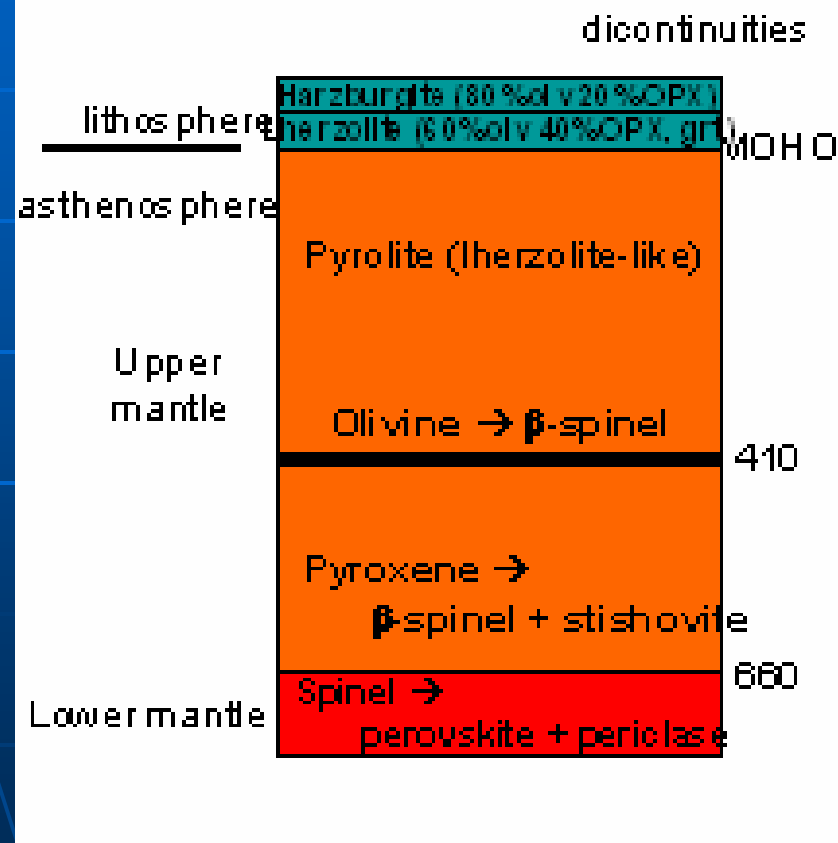


رینگود ترکیب جبه بالایی را مخلوطی از يك قسمت بازالت  
وسه قسمت دونیت در نظرگرفت و آن را پیرولیت نامید.  
ذوب پیرولیت باعث تولید ماگما های بازالتی می شود.

دانشمندان ترکیب جبهه میانی را مخلوطی از اولیوین و پیروکسن در نظر می‌گیرند که با افزایش عمق این کانی‌ها ساختار اسپینل به خود می‌گیرند.

در جبهه پایینی پیروکسن ساختار ایلمنیت و پریکلاز گرفته و با تغییری دیگر ساختار پروفوسکیت به خود می‌گیرد.

# ترکیب گوشته



## ۳- هسته

هسته از دو بخش بیرونی (مایع) و درونی (جامد) تشکیل شده است. ترکیب اصلی هسته آهن است اما با توجه به چگالی زمین باید مواد سبک تری مانند گوگرد، کربن و سیلیسیم نیز در هسته موجود باشند.

## ساختار منطقه اي زمين

براي شناخت ساختار زمين علاوه بر پوسته ، گوشته و هسته بايد اتمسفر (پوشش گازي اطراف زمين) ، هيدروسفر (مجموعه آبها) و بيوسفر (مجموعه مواد آلي) را نيز شناخت.

## ترکیب شیمیایی پوسته

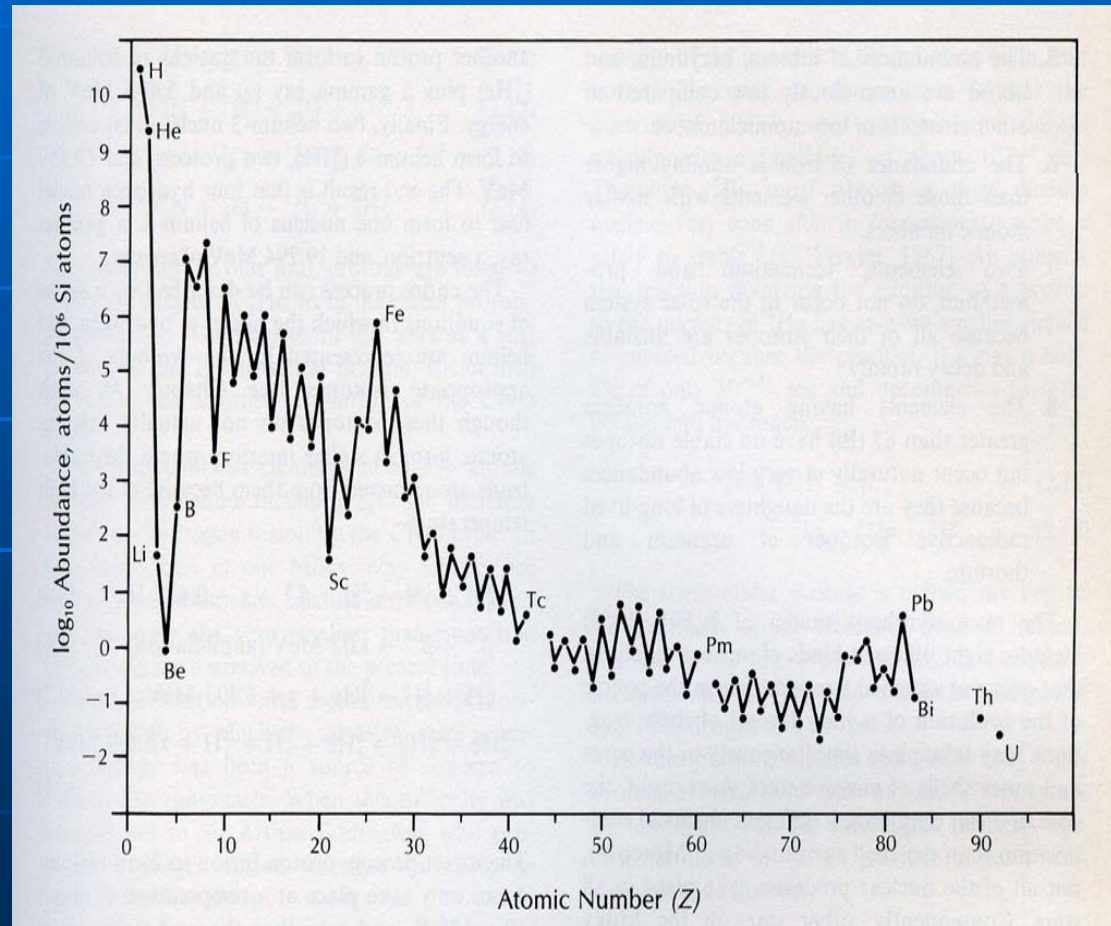
ترکیب میانگین پوسته در اصل همان ترکیب سنگ های آذرین است و مقدار سنگ های دیگر ناچیز است.

فراوانترین عناصر پوسته که ۹۹٪ فراوانی کل را دارند به ترتیب عبارتند از:

اکسیژن، سیلیسیم، آلومینیم، آهن، کلسیم، سدیم، پتاسیم و منیزیم

# فراوانی عناصر در پوسته

O – 62.5%  
(atomic %)  
Si – 21.2%  
Al – 6.5%  
Fe – 1.9%  
Ca – 1.9%  
Na – 2.6%  
K – 1.42%  
Mg – 1.84%



## ترکیب شیمیایی تمام زمین

ترکیب کل زمین از روی مقادیر نسبی جبه و هسته تعیین می شود. زیرا این دو بخش ۹۹٪ از جرم زمین را تشکیل می دهند.

حدود ۹۰٪ زمین از چهار عنصر آهن، اکسیژن، سیلیسیم و منیزیم تشکیل شده است.



## تفریق اولیه عناصر

عناصر بر حسب **آفینیته** (گرایش) نسبی شان به فلز ، سولفید یا سیلیکات، بین این فاز ها توزیع شده اند.

این مسئله به نوبه خود از روی **آرایش الکترونی** و پیوند شیمیایی آنها کنترل می شود.

## تقسیم بندی عناصر بر اساس آفنیته



## عناصر لیتوفیل

عناصری هستند که به آسانی با هشت الکترون بیرونی ترین پوسته اتم خود تشکیل یون می دهند. این عناصر در پوسته زمین متمرکز هستند.

## عناصر کالکوفیل

یونهای عناصر این گروه در بیرونی ترین لایه خود دارای ۱۸ الکترون هستند. این عناصر در گوشته زمین متمرکز هستند.

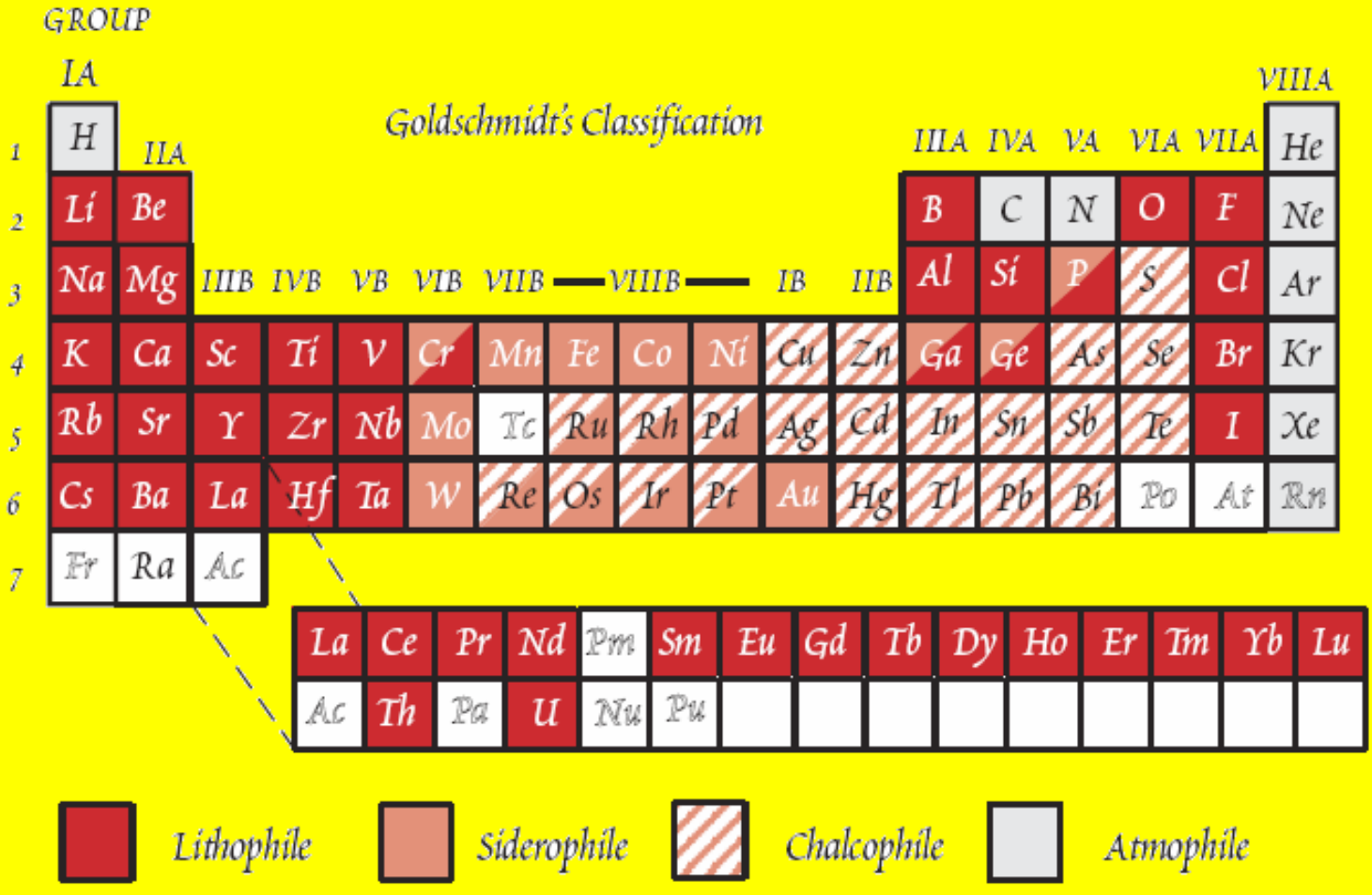
## عناصر سیدروفیل

به گروه ۸ جدول تناوبی و عناصر مجاور آن تعلق داشته  
و بیرونی ترین پوسته الکترونی آنها در بیشتر موارد به  
طور کامل پر نشده است. دهند این عناصر در هسته زمین  
متمرکز هستند.

## عناصر آتموفیل

تمامی این عناصر سبک بوده و بنابراین تمایل به حضور در اتمسفر را دارند.

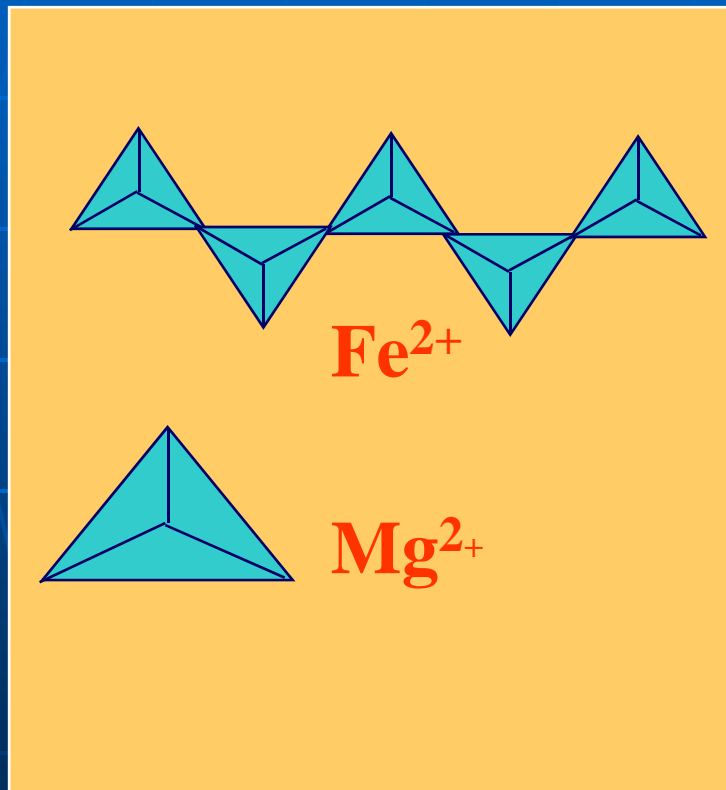
مانند هلیم، هیدروژن، آرگون و...



# فصل چهارم

## ترمودینامیک و شیمی بلورها

در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:



معادلات ترمودینامیکی  
حالات ماده  
اصول ساختار بلوری  
پلی مورفیسم

# معادلات ترمودینامیکی پایه

هر سیستم ترمودینامیکی از روی برخی خواص اساسی مشخص می شود که می توان این خواص را به دو نوع تقسیم کرد:

## ۱- خواص گسترده (ظرفیتی)

این خواص به مقدار ماده موجود (کمیت) در سیستم بستگی دارند. مانند: جرم، حجم و آنتالپی



## ۲- خواص محدود (متمرکز)

این خواص به مقدار ماده موجود (کمیت) در سیستم بستگی ندارند.

مانند: دما ، فشار و پتانسیل شیمیایی

## انرژی داخلی ( E )

مجموع انواع انرژی های موجود در یک سیستم را انرژی داخلی آن سیستم می نامند.

## قوانین ترمودینامیک

دو قانون بسیار مهم در ترمودینامیک وجود دارد که عبارتند از:

## ۱- قانون اول ترمودینامیک

انرژی نه ایجاد می شود و نه از بین می رود، بلکه از حالتی به حالت دیگر تبدیل می شود.

$$dE = dq - PdV$$

## ۲- قانون دوم ترمودینامیک

در هر فرایند برگشت پذیر، مقدار تغییر آنترופی سیستم را می توان از روی مقدار حرارت دریافت شده توسط سیستم تقسیم بر دمای مطلق اندازه گرفت .

$$dS = dq/T$$

همچنین از قانون دوم ترمودینامیک نتیجه می‌گیریم که تمامی واکنش‌ها در جهت ازدیاد آنتروپی سیستم است.

آنتروپی همان درجه بی‌نظمی است که فقط در صفر مطلق (۰-۲۷۳) برابر صفر می‌باشد.

## انرژی آزاد گیبس (G) و واکنش های برگشت پذیر

اگر واکنش گرها با محصولات در تعادل باشند، تغییرات انرژی آزاد گیبس برابر صفر خواهد بود.

اگر واکنش در حال پیشرفت تا مراحل کامل شدن باشد، تغییرات انرژی آزاد گیبس یک عدد منفی بزرگ خواهد بود.

اگر واکنش در جهت عکس صورت گیرد، تغییرات انرژی آزاد گیبس يك عدد بزرگ و مثبت است.

عوامل موثر بر انرژی آزاد گیبس

- ۱- ترکیب واکنش گر ها و محصولات
- ۲- حالت تجمع آنها
- ۳- مقادیر نسبی آنها
- ۴- فشار و دما

## آنتالپی

آنتالپی ظرفیت حرارتی یا  
گرمای واکنش است.

$$H = E + PV$$



## شرایط تعادل در یک سیستم

۱- تغییرات انرژی آزاد گیبس برابر صفر باشد.

$$dS = dq/T \quad ۲-$$

## اصل لوشاتلیه

در يك سيستم در حال تعادل ،تغيير در هر يك از عوامل تعيين كننده شرايط تعادل موجب مي شود كه تعادل به جهتي سوق يابد كه اثر اين تغيير را خنثي كند.

## حالات ماده

حالات ماده از بی نظمی کامل اتمی در گازها، تا نظم کامل در بلورها متغیر است .

اگر انرژی کینتیک اتمها به اندازه کافی زیاد شود، بلور سختی خود را از دست داده و ذوب می شود.

در گذشته مایعات را به گازها نزدیکتر می دانستند، زیرا در بالای نقطه بحرانی تشخیص بین مایع و گاز غیر ممکن است.

امروزه می دانیم که در دما و فشارهای بسیار پایین تر از نقطه بحرانی مایعات می توانند شبیه جامدات باشند.

شیشه ، يك مايع فوق سرد شده است . يعني چيزي شبیه بلور  
يك ماده ، با اين تفاوت كه در بلور اتمها در يك شبكه ي  
تناوبي متقارن نظم يافته اند.

شیشه يك حالت نيمه پايدار است كه همواره تمايل به بلوري  
شدن دارد.

# اصول ساختار بلوري

اتم ، واحد اصلي تمام ساختمانهاي بلوري است. هر اتم مي تواند با ديگر اتمها گروهی را تشكيل دهد و اين گروه به صورت يك واحد مستقل ساختاري عمل کند.

# انواع پیوند بین اتمها

## ۱- پیوند فلزی

مسئول انسجام موجود در فلزات است.

## ۲- پیوند یونی یا قطبی

اتصال موجود در نمکهایی مانند کلرید سدیم را ایجاد می کند.

۳- پیوند کووالانسی یا کوردینانس

پیوندي که در بلورهاي مانند الماس دیده میشود.

۴- پیوند بازماندي یا واندر والس

این پیوند انسجام گازهاي نجیب هنگام تبدیل به حالت جامد در دماهاي پایین را سبب می شود.



## هترودسميك

اگر در ترکیب يك ماده بیش از يك نوع پیوند وجود داشته باشد، به آن ترکیب هترودسميك مي گویند.

## همودسميك

به ترکیباتي که فقط يك نوع پیوند دارند، همودسميك مي گویند.

الکترو نگاتیویته می تواند نشانه هایی از خصلت های یونی یا کووالانت یک پیوند شیمیایی را نشان دهد.

کاتیونهایی که الکترو نگاتیویته آنها بیشترین فاصله را از الکترو نگاتیویته اکسیژن دارد ، در ترکیب با این عنصر پیوندي می دهند که بیشترین خصلت یونی را از خود بروز می دهد.

# قوانین جدول تناوبی عناصر

	IA												Non-Metals					VIII A																		
1	1	H																2	He																	
		1.0094																	4.00260																	
	IIA												p-block					VIII A																		
2	3	Li	4	Be	d-block										5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne										
		6.941		9.0122	Transition Metals										10.81	12.011	14.007	15.999	18.998	20.179																
3	11	Na	12	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																
		22.990		24.305	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B	IB	IIB	26.982	28.086	30.974	32.06	35.453	39.948																		
4	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
		39.098		40.08	44.956	47.88	50.942	51.996	54.938	55.847	58.933	58.69	63.546	65.39	69.72	72.59	74.922	78.96	79.904	83.80																
5	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
		85.468		87.62	88.906	91.224	92.906	95.94	(98)	101.07	102.91	106.42	107.87	112.41	114.82	118.71	121.75	127.60	126.91	131.29																
6	55	Cs	56	Ba	57	to 71	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
		132.91		137.33	178.49	180.95	183.85	186.21	190.2	192.22	195.08	196.97	200.59	204.38	207.2	208.98	(209)	(210)	(222)																	
7	87	Fr	88	Ra	89	to 103	104	Unq	105	Unp	106	Unh	107	Uns	108	Uno	109	Uue	110	Uun																
		(223)		226.03	(261)	(262)	(263)	(262)	(265)	(266)	(267)																									
					Metals																															
	Rare Earth Elements																																			
	Lanthanide Series		57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu				
			138.91	140.12	140.91	144.24	(145)	150.36	151.96	157.25	158.93	162.50	164.93	167.26	168.93	173.04	174.97																			
	Actinide Series		89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr				
			227.03	232.04	231.04	238.03	237.05	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(260)																			

۱- شعاع یونی عناصری که در یک گروه از جدول تناوبی جای دارند، با افزایش عدد اتمی عناصر زیاد می شود.  
مانند:

Be	Mg	Ca	Sr	Ba
۰ / ۲۷	۷۲ / ۰	۱	۱ / ۱۳	۳۶ / ۱

۲- در یونهای مثبت دارای ساختمان الکترونی مشابه ، شعاع یونی همراه با افزایش بار الکتريکي کاهش مي یابد.

Na	Mg	Al	Si	P	S
۱ / ۲۰	۷۲ / ۰	۵۳ / ۰	۴ / ۰	۰ / ۱۷	۱۲ / ۰

۳- برای هر عنصری که دارای چندین ظرفیت است و به عبارت دیگر یونهایی با بارهای الکتریکی مختلف ایجاد می کند ، هر چه بار مثبت روی یون بیشتر باشد شعاع کوچکتر است.



۸۲/۰



۶۵/۰



۵۴/۰

## انقباض لانتانیدی

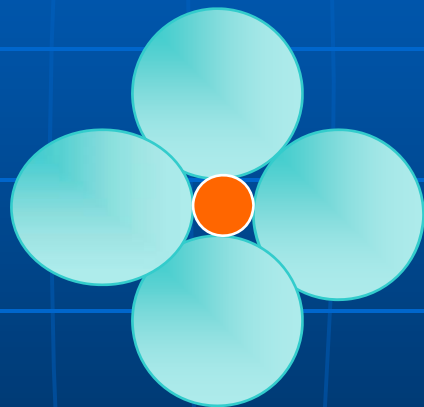
عناصر نادر خاکی يك تناقض در مورد قانون اول هستند. زیرا شعاع یون های سه ظرفیتی آنها با افزایش عدد اتمی کاهش می یابد. به این پدیده انقباض لانتانیدی می گویند.

## دليل ايجاد انقباض لانتانیدی

علت این امر ايجاد يك پوسته الكتروني دروني ، به جاي  
افزایش يك پوسته جدید است. در نتیجه افزایش بار هسته  
باعث افزایش کشش وارده بر روي الكترون هاي بیروني  
شده و کاهش موثري در شعاع یوني به وجود مي آورد.



در ساختمان یونی، هر یون تمایل دارد که به وسیله یون های با بار مخالف احاطه شود. تعداد یون هایی که می توانند در اطراف یک یون مرکزی اجتماع کنند، بستگی به نسبت شعاعی دو یون دارد.



## رابطه بين نسبت شعاعي و عدد كوردیناسیون

نسبت شعاعي کاتیون به آنیون	ترتیب قرار گرفتن آنیونها در اطراف کاتیونها	عدد کوردیناسیون
۱۵/۰-۲۲/۰	گوشه های يك مثلث متساوي الاضلاع	۳
۲۲/۰-۴۱/۰	گوشه های يك چهار وجهي	۴
۴۱/۰-۷۳/۰	گوشه های يك هشت وجهي	۶
۷۳/۰-۱	گوشه های يك مكعب	۸
۱	متراکم ترین بسته بندي	۱۲

## عوامل موثر بر عدد کوردیناسیون

کوردیناسیون تا حدی توسط دما و فشار کنترل می شود. دمای بالا

و فشار پایین، اغلب وقوع کوردیناسیون های پایین را ایجاد می نماید. در حالی که دمای پایین و فشار بالا کوردیناسیون های

بالا تر را ایجاد می کند.

## ایزومورفیسم

به ترکیباتی که دارای فرمول مشابه هستند و ساختار بلوری شبیه به هم دارند ایزومورف می گویند.

مانند:



نیترات سدیم



کلسیت

عامل اصلي در ايزومورفيسم، شباهت در اندازه نسبي يونهاي مختلف است و به شباهت شيميايي مرتبط نيست.  
مانند كاني هاي برلينيت و كوارتز كه ايزومورف هستند .



# جايگزيني اتمي

جايگزيني يك عنصر به وسيله عنصر ديگر بسيار رايج است و به صورت هاي مختلف انجام مي شود.

## ۱- محلول جامد جانشینی

یونهای موجود در ساختمان بلوری می توانند بدون ایجاد بهم ریختگی جدی، به وسیله یون دیگری با شعاع مشابه جایگزین شوند.

مانند اولیوین که به صورت محلول جامدی از فورستریت و فایالیت است. این محلول جامد در الیوین ناشی از جانشینی منیزیم و آهن است.





## شرایط ایجاد محلول جامد جا نشینی

- الف) اختلاف بار الکتریکی یونها بیشتر از يك نباشد.
- ب) تفاوت شعاع یونها از ۱۵% تجاوز نکند.
- ج) هر قدر دما بالاتر باشد جایگزینی بیشتر صورت می گیرد.

## محلول جامد خلل و فرجي

اتمها و يونها ،جانشين اتم يا يون ديگرنمي شوند، بلکه در خلل و فرج موجود در شبکه جاي مي گيرند.

اين محلول جامد در فلزات بسيار رايج است و عناصر کوچكي مانند هيدروژن ،کربن ، بر و نيترورژن در شبکه آنها جاي مي گيرند.

## محلول جامد حذفی

پیرو تیت یک مثال خوب در این رابطه است. همیشه مشاهده می شد که گوگرد موجود در پیرو تیت بیش از میزان محاسبه شده است. قبلاً تصور می کردند این مقدار گوگرد به صورت محلول جامد در ساختار پیرو تیت وجود دارد. اما بعدها مشخص شد دلیل بالا بودن میزان گوگرد، به علت عدم حضور بعضی اتم های آهن در شبکه بلورین است.

## پلي مورفيسم

پديده اي است كه به موجب آن يك ماده تحت شرايط فيزيكي متفاوت، به بيش از يك فرم بلورين ديده شود.

- در پلي مورف ها شكلي پايدارتر است كه آرايش اتمي آن در حد كمترين سطح انرژي انجام شود.

# انواع پلی مورفیسم

## ۱- انانتیوتروپی

در این نوع پلی مورفیسم تغییر از یک پلی مورف به پلی مورف دیگر، بازگشت پذیر بوده و در دما و فشار معینی صورت می گیرد.

مثال:

تبدیل کوارتز به تریدیمیت و برعکس

## ۲- منو تروپي

در این نوع پلی مورفیسم، یکی از فرم‌ها به طور ذاتی پایدار است و فرم ناپایدار تمایل دارد به شکل پایدار تبدیل شود اما عکس آن معمولاً صورت نمی‌گیرد.

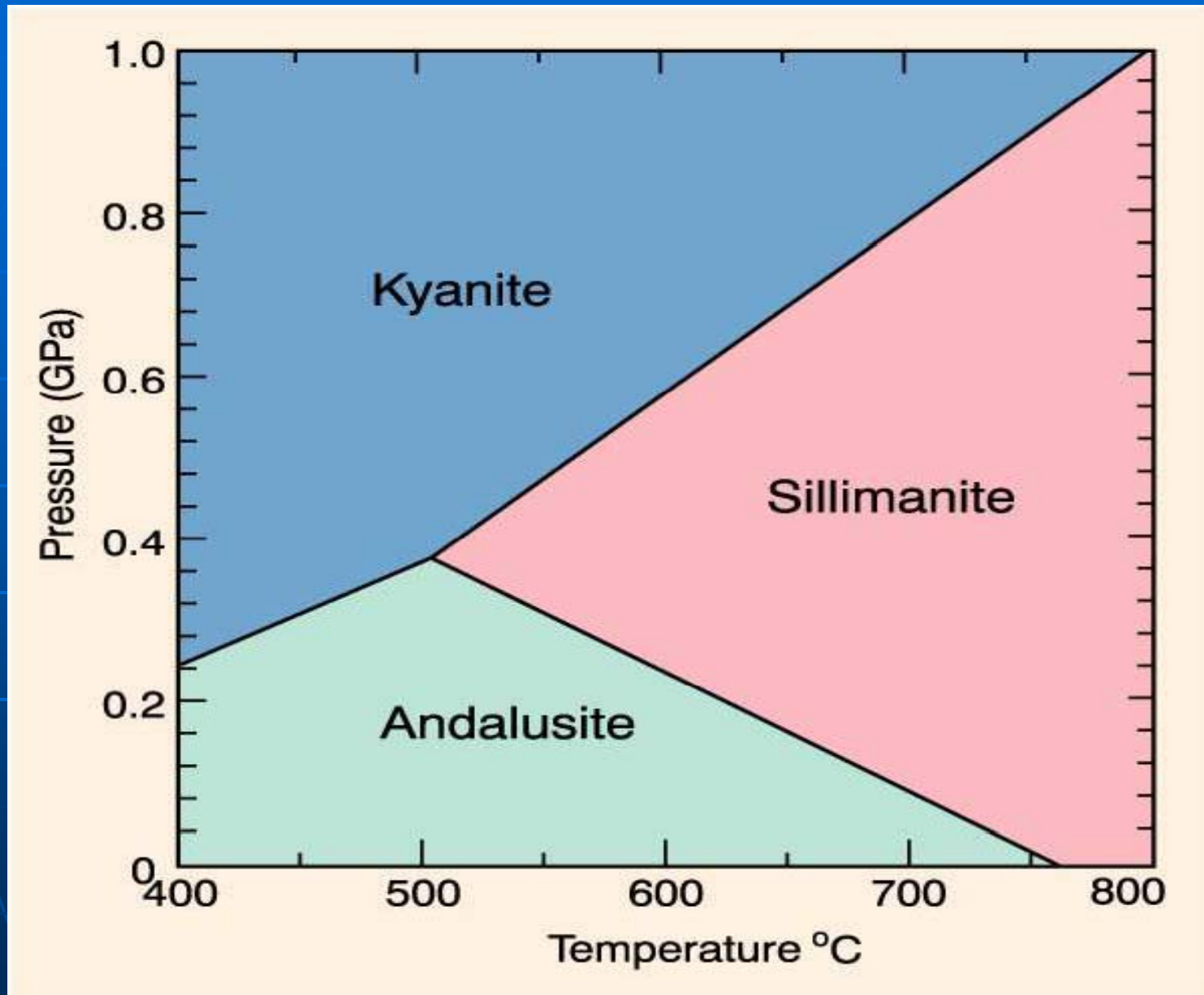
مثال:

تبدیل مارکاسیت به پیریت است  
در حالی که پیریت به مارکاسیت  
تبدیل نمی شود.



# پلي مورف (تركيب شيميايي $Al_2SiO_5$ )

يكي از متداول ترين پلي مورف ها ، سه پلي مورف آندالوزيت (فشار كم - دماي كم) ، ديستن (فشار زياد - دماي كم) و سيليمانيت (فشار و دماي زياد) مي باشند.



# فصل پنجم

## ماگماتیسم و سنگ های آذرین

در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:

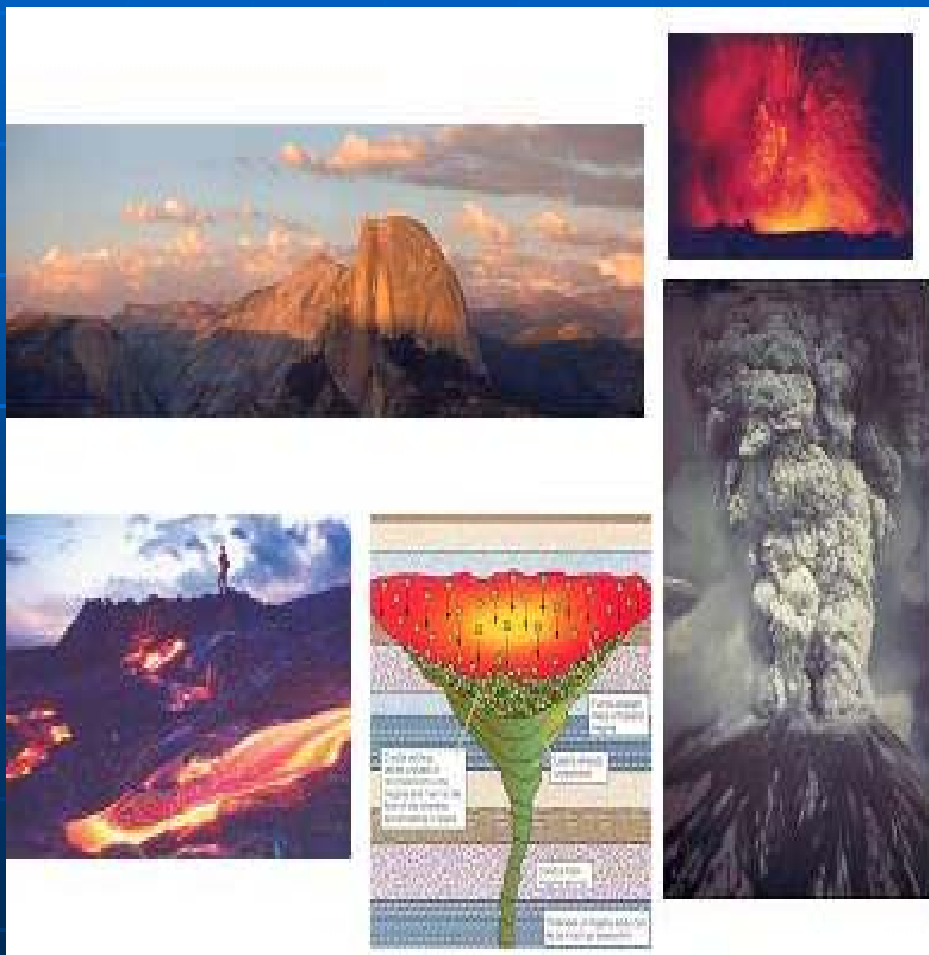
ماگما چیست؟

ترکیب سنگ های آذرین

تبلور ماگما

عناصر جزئی

محلول های باقیمانده



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

# ماگما چیست؟

ماده طبیعی، داغ و قابل تحرکی است که از ذوب سنگها در اعماق زمین ایجاد می شود و ترکیب آن عمدتاً سیلیکاته است.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

# ترکیب شیمیایی سنگ های آذرین

ترکیب متوسط سنگ های آذرین به صورت اکسید به شرح زیر است :

$\text{SiO}_2$  ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ,  $\text{FeO}$  ,  $\text{MgO}$  ,  $\text{CaO}$

$\text{Na}_2\text{O}$  ,  $\text{K}_2\text{O}$  ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{TiO}_2$

اکسید غالب در ترکیب سنگ های آذرین، اکسید سیلیس است.

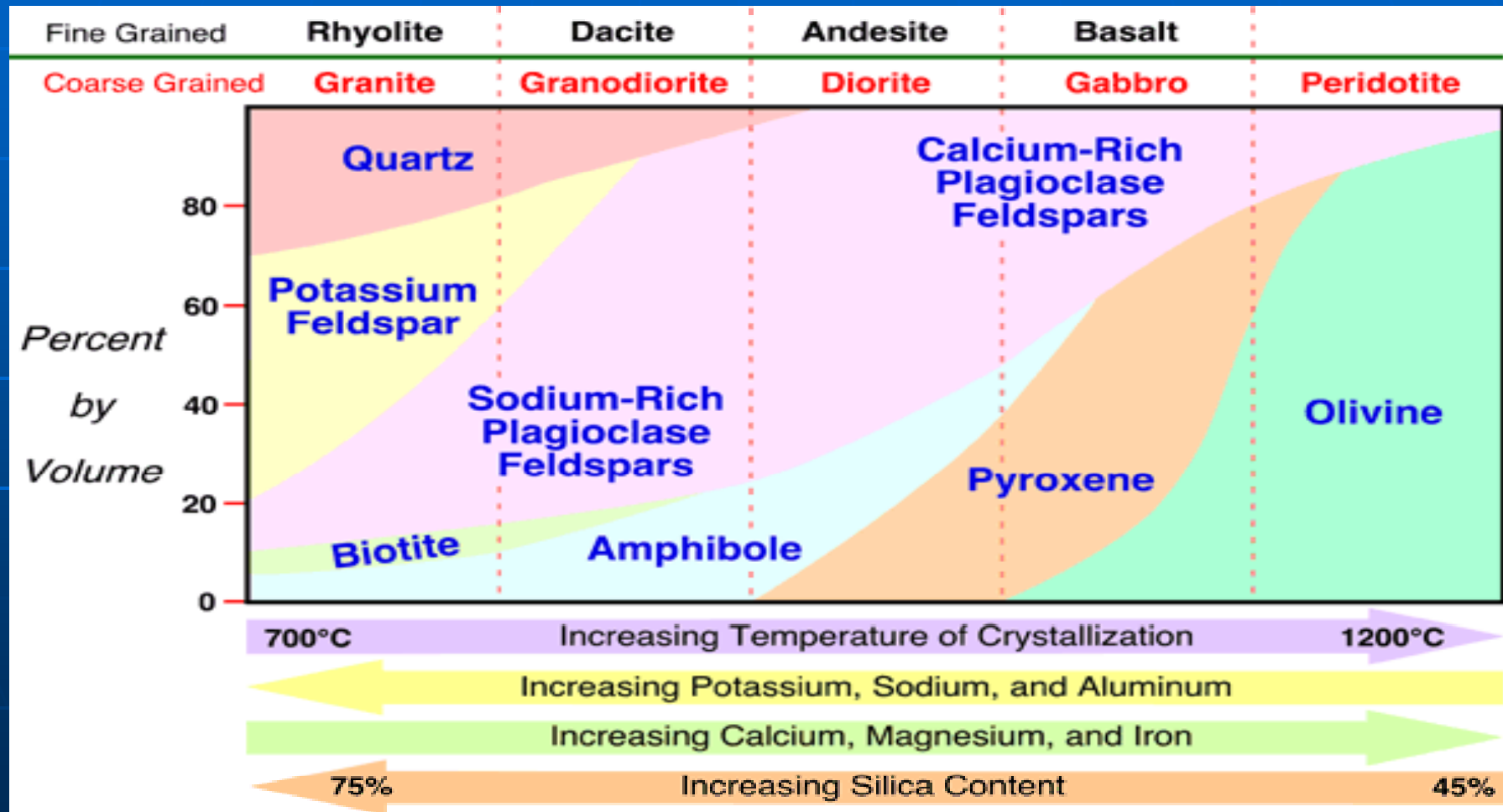
فراوان ترین سنگ های آذرین ، بازالت ها و گرانیت ها می باشند.

# ترکیب کانی شناسی سنگ های آذرین

هفت گروه کانیایی اصلی، سازنده سنگ های آذرین عبارتند  
از:

کانی های سیلیسی ، فلدسپارها ، فلدسپاتوئیدها ، اولیوین ،  
پیروکسنها ، آمفیبولها و میکاها

# ترکیب کانی شناسی تقریبی انواع متداول سنگهای آذرین





## ماهیت مذاب سیلیکاتی

آنتروپی ذوب سیلیکاتها بالا نیست ، بنابراین نظم اتمی یونهای مذاب با نظم اتمی آنها در حالت جامد اختلاف زیادی ندارد.

گرانروی (ویسکوزیته) مذاب سیلیکاتی بالا است و این امر ناشی از حضور کمپلکس های سیلیسیم – اکسیژن است.

# تبلور ماگما

به مجموعه شرایطی که سبب می شود ماگما به سنگی حاوی کانیهای متفاوت تبدیل شود، تبلور می گویند.

مهمترین عامل در تبلور ماگما، کاهش دما است.

با سرد شدن تدریجی بلورها از ماگما جدا شده و به طرف پایین حرکت می کنند و در کف مخزن ته نشین میشوند.

ترتیب تبلور کانی ها بر اساس سری واکنشی باون صورت می گیرد که با سرد شدن تدریجی ماگما آغاز می شود.

بر اساس سری واکنشی باون دو نوع واکنش مشخص می  
شود:

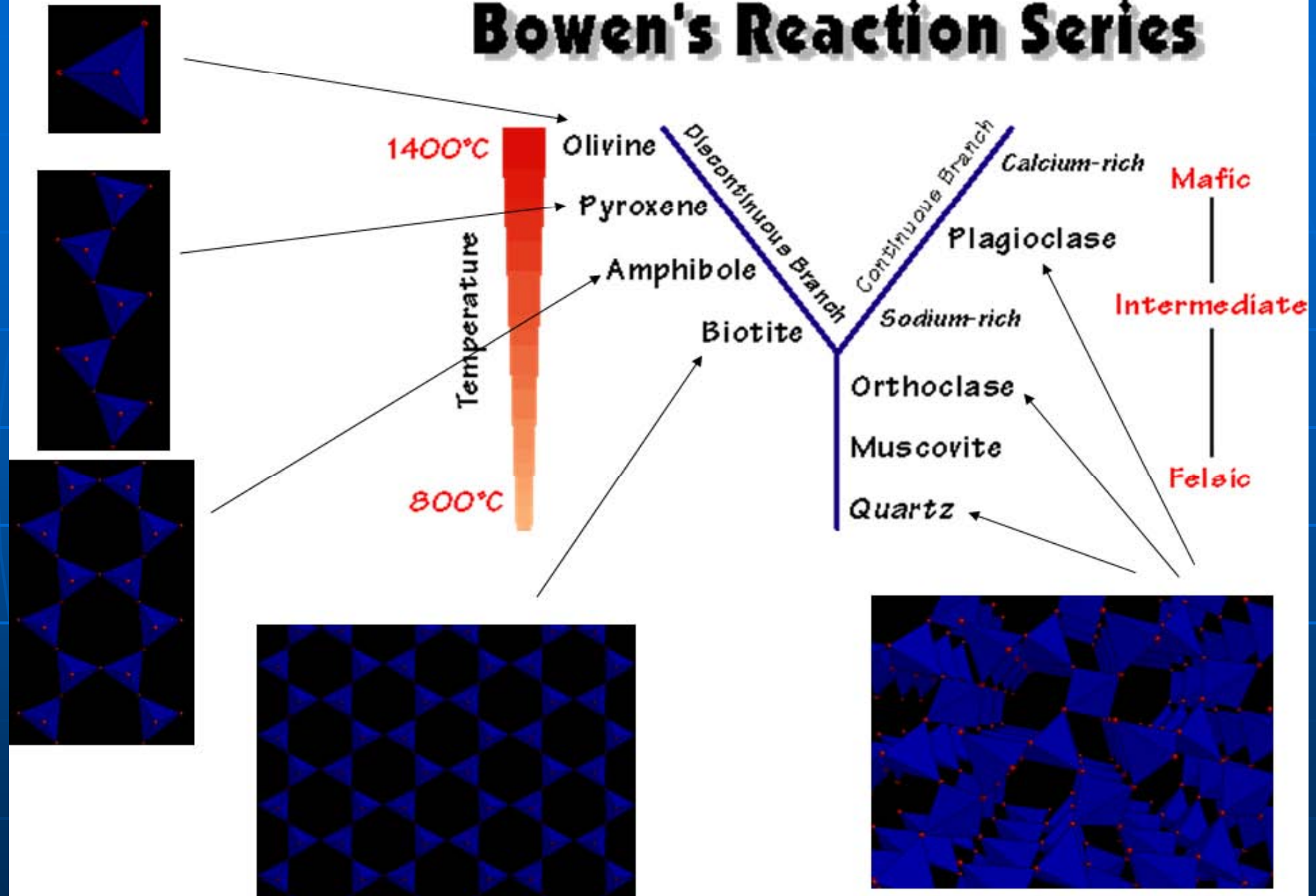
### ۱- واکنش های پیوسته

سریهائی محلول جامدی هستند، که در آنها ترکیب بلور های  
اولیه به طور پیوسته از طریق واکنش با مذاب تغییر می  
کند.

## ۲- واکنش های ناپیوسته

در این سری فاز تشکیل شده اولیه با مذاب واکنش داده و تبدیل به فاز جدیدی می شود که دارای ساختمان بلوری و ترکیب شیمیایی متفاوت است.

# Bowen's Reaction Series



نکته مهم در مورد واکنش های نا پیوسته، افزایش پیچیدگی  
اتصال سیلیکاتی است . به این ترتیب که این سکانس از  
چهار وجهی های مجزا شروع و سپس تک زنجیره ها ،  
زنجیره های مضاعف و صفحات را شامل می شود.

# فوغاسیته

به مقدار اکسیژن آزاد در ماگما فشار جزئی اکسیژن یا  
فوگاسیته می گویند .

در حین تبلور در سری های تفریقی ماگما، اختلاف فوگاسیته  
باعث تغییرات مهمی در تشکیل سنگ ها می شود.



# نقش فوگاسیته اکسیژن در تشکیل نوع سنگ

۱- سری باون توضیح می دهد که ضمن تبلور تفکیکی یک ماگمای بازالتی تحت فوگاسیته بالا، بخش اعظم آهن به صورت

مانیتیت از مایع خارج شده و مایع باقیمانده از سیلیس غنی می شود و منجر به تشکیل سنگ های غنی از سیلیس می شود.

۲- از طرف دیگر تحت فشار اکسیژن نسبتاً پایین ، آهن فریک مورد نیاز برای تشکیل مانیتیت وجود ندارد. بنابراین آهن تا مراحل پایانی در مایع تمرکز می یابد. این امر در نهایت منجر به تشکیل کانی های فرومنیزین می شود.

## قوانین گلدشمیت در ژئوشیمی سنگ های آذرین

۱- اگر دو یون دارای شعاع و بار الکتریکی یکسان باشند ، هر دو با سهولت یکسان می توانند وارد شبکه بلورین شوند.

۲- اگر دو یون دارای شعاع نزدیک به هم، اما بار الکتریکی یکسان باشند ، یون کوچکتر با سهولت بیشتری می توانند وارد شبکه بلورین شود .

۳- اگر دو یون دارای شعاع یونی نزدیک به هم اما بار الکتریکی متفاوت باشند ، یونی که بار الکتریکی بیشتری دارد با سهولت بیشتری می توانند وارد شبکه بلورین شود.

مانند کلسیم که با داشتن بار الکتریکی بیشتر، راحت تر از سدیم وارد شبکه فلدسپار می شود.

## عناصر جزئی در تبلور ماگمایی

جانشینی عناصر جزئی به جای عناصر اصلی در شبکه های بلورین، به یکی از سه صورت استتار، پذیرفته شده، اسیر صورت می گیرد:

### استتار

وقتی که یک عنصر جزئی دارای بار الکتریکی مساوی و شعاع یونی نزدیک به یک عنصر اصلی باشد، می گویند این عنصر در شبکه

بلورین دارنده عنصر اصلی استتار شده است.

## اسیر

وقتي که يك عنصر جزئي داراي بار الكتريكي بزرگتر و شعاع يوني مشابه عنصر اصلي باشد (يا بار يكسان و شعاع کمتر) مي گویند که اين عنصر در شبکه بلوري دارنده عنصر اصلي اسیر شده است.

## پذیرفته شده

وقتی که یک عنصر جزئی دارای بار الکتریکی کمتر و شعاع یونی مشابه عنصر اصلی باشد (یا بار یکسان و شعاع بیشتر). در این حالت عنصر جزئی در شبکه بلورین دارنده عنصر اصلی به صورت پذیرفته شده وجود خواهد داشت.

# الکترون گاتیویته و تبلور

هر گاه جایگزینی بین دو عنصر با الکترون گاتیویته متفاوت در یک بلور میسر باشد، عنصر دارای الکترون گاتیویته کمتر به طور ترجیhi توسط شبکه پذیرفته می شود.





زیرا این عنصر ، پیوندی را می سازد که در مقایسه با پیوند  
عنصر دیگر هم قویتر است و هم یونی تر است .

این اصل در مورد جایگزینی هایی کاربرد دارد که اختلاف  
الکترونگاتیویته دو عنصر ، حد اقل بیش از  $1/0$  باشد.

# کمپلکس

کاتیونهایی دارای بار یونی چهار یا بیشتر و نیز کاتیون های سه ظرفیتی دارای شعاع کوچک در ماگماها ، با اکسیژن یا آنیون هیدراکسید تولید کمپلکس می کنند.

در ماگماهاي عادي، عناصر ي که پتانسيل يوني آنها بين ۶/۰ تا ۵/۲ است به عنوان يونهاي آزاد در نظر گرفته می شوند.

عناصر ي که پتانسيل يوني آنها بين ۵/۲ تا ۸/۴ است بين انواع کمپلکس و غير کمپلکس به حالت تعادل باقي مي مانند.

عناصري که داراي پتانسيل يوني بيشتري از ۸/۴ هستند ،  
کمپلکس هايي را تشکيل مي دهند که مي تواند به شبکه  
سيليس متصل شود يا نشود.

## سرنوشت تعدادي از عناصر ضمن تبلور

### سزيم

سزيم در بين عناصر داراي بزرگترين کاتيون بوده و تنها کاتيون رايج ديگري که مي تواند به آساني جايگزين آن شود، **پتاسيم** است .

بخش اعظم سزيم تا مرحله پاياني در مايع باقي مي ماند.

## روبيديم

روبيديم کاني خاص خود تشکیل نمی دهد و در کاني هاي پتاسيم دار جایگزین پتاسيم می شود.

به علت شعاع بزرگتر روبيديم، این عنصر در کاني هاي پتاسيم دار عنصري پذیرفته شده است.

## باریم

باریم به خاطر بار بیشتر در کانیهای پتاسیم دار (نظیر بیوتیت و فلدسپار پتاسیم دار) به صورت عنصری اسیر حضور دارد.

## سرب

سرب به دلیل الکترو نگاتیویته بیشتر در کانی های پتاسیم دار یک عنصر پذیرفته شده است.

## استرانسیوم

این عنصر هم می تواند جانشین کلسیم و هم جانشین پتاسیم شود، در کانی های کلسیم دار به علت شعاع بزرگتر به صورت پذیرفته شده و در کانیهای پتاسیم دار به خاطر بار بیشتر به صورت اسیر است.



## عناصر نادر خاکی (REE)

بارالکتریکی و شعاع یونی نسبتاً زیاد عناصر نادر خاکی به همراه غلظت کم آنها در کانی‌ها نشان می‌دهد، این عناصر میل کمی به جانشینی دارند. به هر حال مقداری از کلسیم موجود در آپاتیت‌ها و همچنین تیتانیت و آلانیت به وسیله عناصر نادر خاکی جانشین می‌شوند.

## منگنز

منگنز به علت اندازه بزرگتر به صورت پذیرفته شده جانشین آهن فرو در کانی های فرو منیزین می شود.

## زیرکونیم

به دلیل بار الکتریکی بالا و شعاع زیاد این عنصر وارد کانیهای سنگ ساز رایج نشده و در فاز خاصی حضور می یابد.

## هافنیوم

به دلیل بار الکتریکی یکسان و شعاع مشابه هافنیوم و زیرکونیم ، این عنصر در کانیهای زیرکونیم به صورت استتار شده حضور دارد.

## اسکاندیم

به خاطر بار بیشتر اسکاندیم، در کانی های فرومنیزین به صورت اسیر شده جانشین آهن فرو می شود.

## کبالت

کبالت با شعاع مشابه آهن در کانی های فرو منیزین به صورت استتار جانشین آهن فرو می شود.

## نیکل

نیکل با شعاع مشابه و بار الکتریکی یکسان به صورت استتار شده جانشین منیزیم می شود.

## لیتیوم

لیتیوم با شعاع نزدیک و بار الکتریکی کمتر به صورت پذیرفته شده جانشین منیزیم می شود.

## وانادیوم

مقدار زیادی از وانادیوم وارد مانیتیت شده و جانشین آهن فریک می شود.

## کرم

شعاع این یون ، به آهن فریک نزدیک است اما به دلیل غلظت بالای آن در مراحل اولیه تبلور به صورت کانی کرومیت از ماگما خارج می شود.

## تیتانیوم

این عنصر به دلیل بار الکتریکی بیشتر، به صورت اسیر جانشین آلومینیوم می شود.

## گالیوم

گالیوم با دارا بودن شعاع یونی و بار الکتریکی مشابه آلومینیوم، در کانی های آلومینیوم دار به صورت استتار شده حضور دارد.

## ژرمانیوم

این عنصر به صورت استتار شده جانشین سیلیسیم می شود.

## محلول های باقیمانده

مذاب باقیمانده از تبلور تفکیکی، غنی از سیلیس، قلیایی ها و آلومینیوم است. همچنین این مایع حاوی آب و سایر مواد فرار نیز می باشد. در عین حال غلظت عناصری که نمی توانند مستقیماً وارد شبکه کانیهای رایج سنگهای آذرین شوند، در این مایع زیاد است.



# پگماتیت ها

پگماتیت ها ی گرانیتی اساسا از کوارتز و فلدسپار های قلیایی تشکیل شده اند و اغلب مقداری موسکویت و بیوتیت دارند.  
پگماتیت ها سنگهای دانه درشتی هستند که این امر ناشی از ویسکاسیته پایین و غلظت مواد فرار است .



Encarta Encyclopedia, Joyce Photographics/Photo Researchers, Inc.

جمشید احمدیان — دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

## بافت پگماتیت ها

بافت های پگماتیتهی وقتی تشکیل می شوند، که ماگماهای غنی از مواد فرار، در زیر نقطه بحرانی محلول سرد شوند، دچار جوشش دوم شوند.

اگر دما به زیر نقطه بحرانی نرسد به جای پگماتیت ها ،  
دایک های آپلیتی ریز دانه تشکیل می شود.

پگماتیت ها از نظر اقتصادی حائز اهمیت بوده و حاوی  
عناصر ارزشمند زیادی می باشند.

## اجزای فرار ماگما

تمام ماگماها دارای اجزای فراری هستند که مقدار و ترکیب آن به خوبی مشخص نیست. اما اغلب دارای ترکیب زیر هستند:

H<sub>2</sub>S

CO<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>O

و به مقادیر جزئی

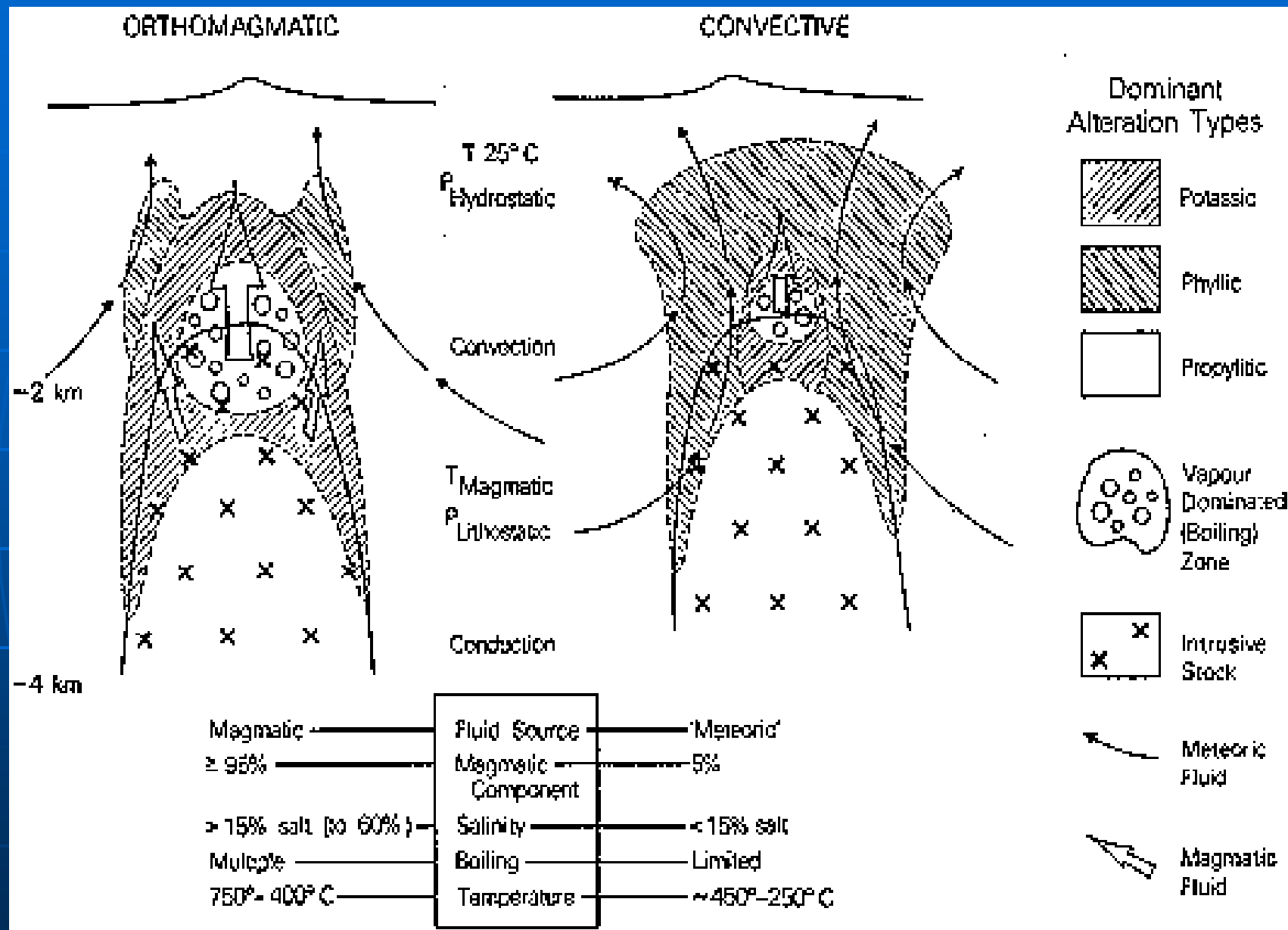
HF

N<sub>2</sub>

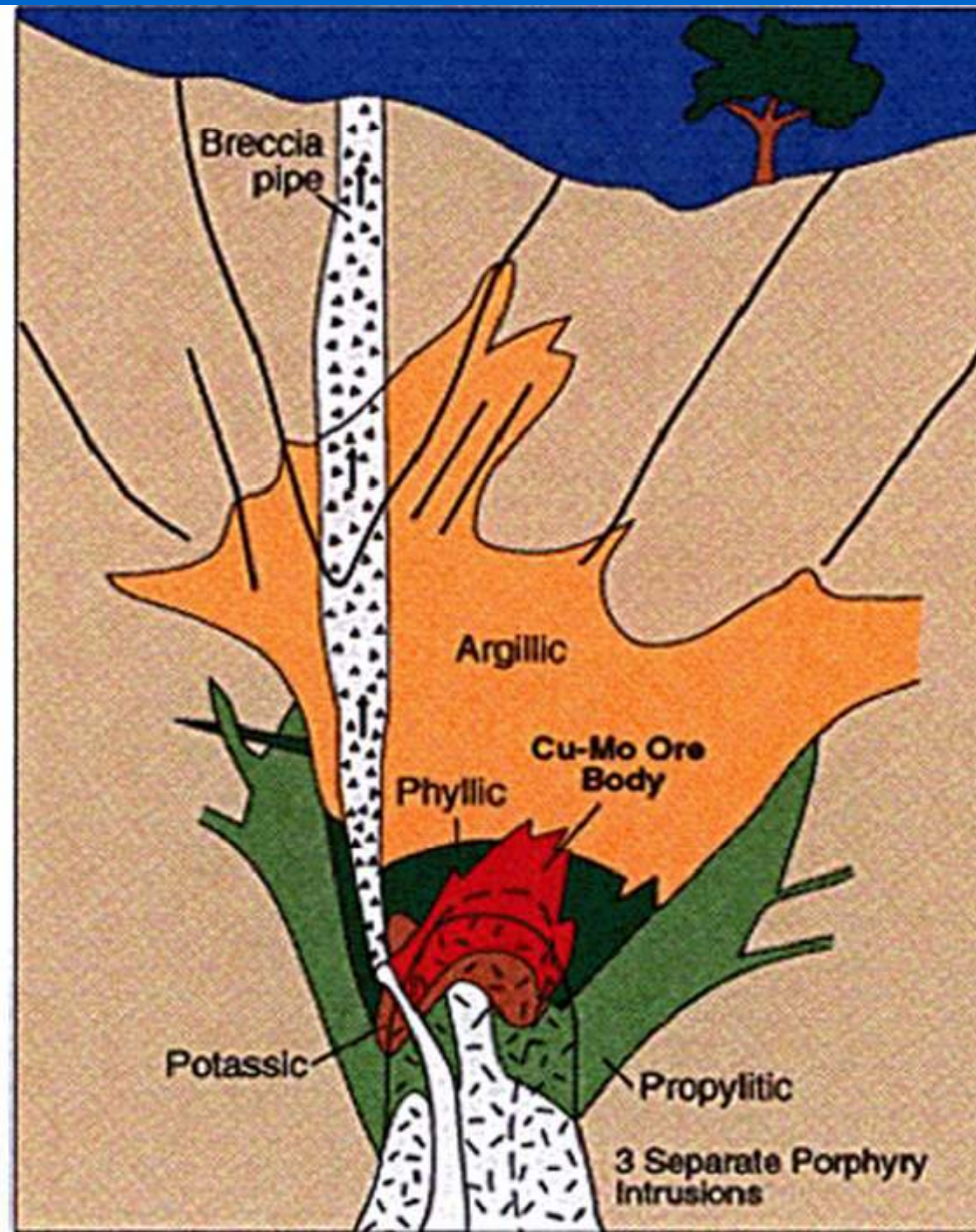
HCl

## ماگماتيسم و رسوب گذاري کانسارها

به نظر مي رسد که بیشتر کانسارها به وسيله ي محلول هاي هيدروترمال يا محلول هاي آبگين داغ تشکيل شده باشند. برخي رسوبات نیز رابطه نزديکي با فعاليت ماگمائي دارند.



- کانسارهای گرمابی و  
کانی سازی مس-  
مولیبدن





# منشأ محلول های هیدروترمال

محلول های هیدروترمال ممکن است از یکی از موارد زیر منشأ گرفته باشند:

- آبهای ماگمایی
- آبهای دگرگونی
- آبهای فسیل
- آبهای جوی
- آبهای زیر زمینی

مطالعه ایزوتوپیهای اکسیژن و هیدروژن نشان می دهد که آبهای زیرزمینی دارای منشأ جوی ، سهم عمده ای در تشکیل بیشتر کانسارهای هیدروترمال دارند.

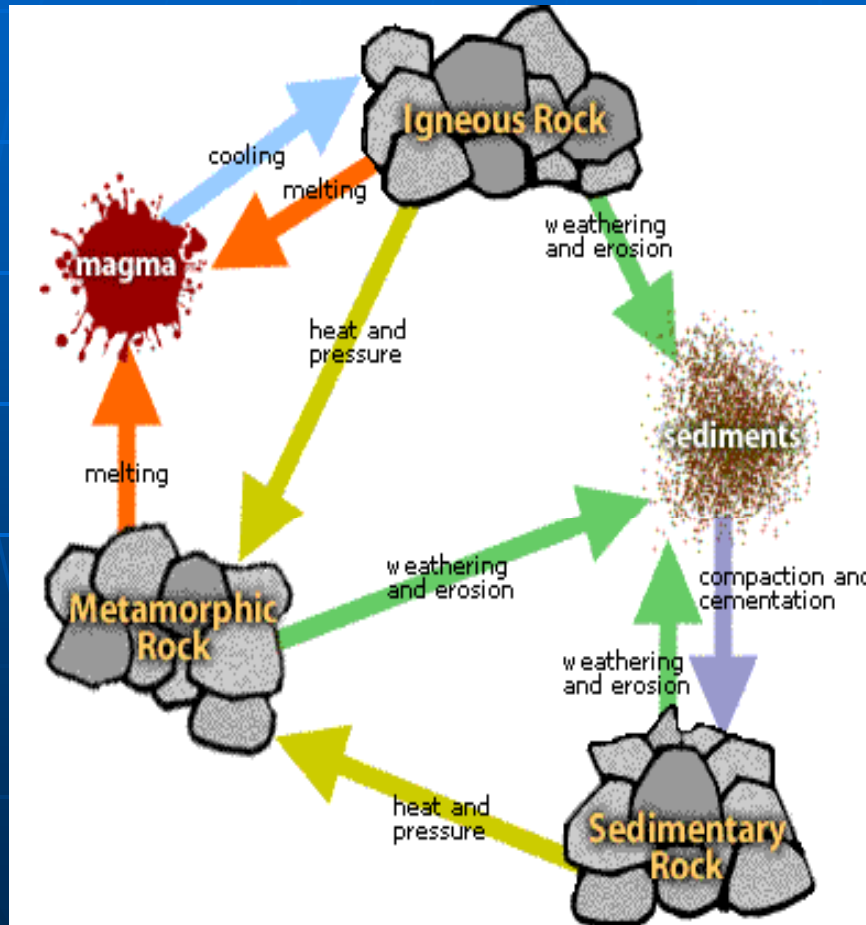
محلول های هیدرو ترمال، محلول هایی غلیظ یا به عبارت دیگر شورآبهایی هستند که تا ۵۰% درصد وزنی دارای مواد جامد حل شده هستند.

# فصل ششم

## رسوب گذاری و سنگ های رسوبي

در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:

رسوب گذاری يك فرایند ژئوشیمیایی  
ترکیب شیمیایی سنگ های رسوبي  
پتانسیل یونی  
کلوئیدها



# رسوب گذاري يك فرايند ژئوشيميايي

رسوب گذاري عملکرد متقابل اتمسفر و هيدروسفر بر روي پوسته زمين است .

واكنش هاي كليدي در ژئوشيمي رسوب گذاري ، شامل شكستن شيميايي بعضي از كانيها و تشكيل شدن كاني هاي ديگر مي شود.

# هوازديگي

واکنش هاي هوازديگي را مي توان به دو دسته تقسيم کرد:

## ۱- متجانس

در اين واکنش ها مواد هوازده حرکت داده مي شوند.

## ۲- نا متجانس

در اين واکنش ها بخشي از مواد به کانيهاي نسبتا غير متحرک  
تبدیل مي شوند.

## انواع واکنش های متجانس

انواع واکنش های متجانس عبارتند از :

الف) انحلال ساده با آب

ب) انحلال با آب اسیدی شده به وسیله دی اکسید کربن

ج) تجزیه و تلاشی بر اثر عملکرد مولکولهای آلی در محلول

# انواع واکنش های نامتجانس

انواع واکنش های نامتجانس عبارتند از :

الف) آب گیری و تشکیل هیدراکسیدها

ب) کربن گیری و تشکیل کربناتهای نامحلول

ج) اکسیداسیون ترکیبات آهن

د) هوازدگی سیلیکاتها



## ژئوشيمي خاك

خصالت منحصر به فرد خاك ، در نحوه قرار گرفتن اجزاي آن نهفته است و همينطور خواص لايه هاي مختلفي كه به سطح كنوني مربوط بوده و به طور عمودي با عمق تغيير مي كنند.

افق خاک

هر يك از لايه هاي مجزاي خاک را افق مي نامند.

نيمرخ خاک

تمام افق هاي خاک بر روي هم نيمرخ را ايجاد مي کنند.

## افق های خاک

اکثر نیمرخ های خاک از سه افق اصلی تشکیل شده اند:

### افق A

عمدتاً دچار از دست رفتن نسبی مواد بر اثر فرو شست و جابجایی مکانیکی مواد حاصل از نفوذ عمقی آب باران شده است.

افق B

این افق يك منطقه تجمع از مواد آورده شده از افق بالاتر است.

افق C

این افق مواد مادر افق هاي بالايي را تشكيل مي دهد.

تبدیل سنگ مادر به خاک با کاهشی مشخص در مقدار

Ca Mg Na K

و کاهش کمتر در عناصر

Al Fe

و افزایش

Si

همراه است.

فعالترین بخش خاک،  
بخش کلونیدی آن است  
که اغلب از کانی های رسی  
و مواد آلی تشکیل شده است.

## ترکیب سنگ های رسوبي

کاني شناسي هر سنگ به وسيله دو نوع ماده مشخص مي شود  
که عبارتند از:

الف) کانيهاي مقاوم که از شکسته شدن مکانیکی سنگ مادر  
ایجاد می شود.

ب) کانيهاي جديد که از تخریب شیمیایی ایجاد می شوند.

# قانون گلدیش

قانون گلدیش نشان می دهد که ترتیب پایداری کانیهای سنگهای آذرین در مقابل هوازدگی، عکس آن چیزی است که در سری واکنشی باون دیده می شود.



کوآرتز  
موسکویت  
فلدسپات آکالن  
بیوتیت

پلاژیوکلاز قلیایی

هورنبلند

پیروکسن

پلاژیوکلاز کلسیم دار

اولیوین



کاهش  
پایداری

# کانیهای رایج سنگ های رسوبی

کوارتز – فلدسپات

کلسیت – دولومیت

کانیهای رسی

گلوکونیت – لیمونیت

بوکسیت – مواد کلوئیدی

## کانیهای رسی

کانیهای رسی محصولات ثانویه با ثباتی هستند که از تخریب سایر سیلیکاتهای آبدار ایجاد می شوند و دارای مشخصات زیر هستند:

- ساختار شبکه – لایه ای دارند.
- تمام آنها سیلیکاتهای آلومینیم آبدارند.
- اندازه دانه ها اغلب بسیار ریز است.

مهمترین کانیهای رسی عبارتند از:

کائولینیت  
مونت موریلونیت  
ایلیت  
کلریت

## عوامل اصلي تعيين كننده ماهيت رس

- ۱- خصالت شيميايي ماده مادر
- ۲- محيط فيزيكي و شيميايي دگرساني

## آب حلال بي رقيب

آب مهمترين حلال است و ساختمان مولکولی آب کلید اين خاصیت مي باشد.

ماهیت دو قطبي بودن مولکول آب و بالا بودن ثابت دي الکتريک آب سبب مي شود تا آب به عنوان فعال ترين حلال ترکيبات يوني عمل کند.

## پتانسیل یونی

تعداد مولکول های آبی که در اطراف یک یون جمع می شوند، به اندازه آن یون و به شدت بار الکتریکی موجود در سطح آن یون بستگی دارند.

نسبت بار الکتریکی به شعاع یک یون، پتانسیل یونی نامیده می شود.

درجه آبيگيري با بار الكتريكي يون متناسب و با شعاع آن يون  
نسبت عكس دارد.

هر قدر شعاع يون مثبت کمتر و بار الكتريكي آن بيشر باشد،  
اكسيد آن، اسيدي تر است.



## نقش پتانسیل یونی در تعیین محل رسوب کردن

پتانسیل یونی می تواند توضیحی برای رفتار مشابه عناصر متفاوت و رسوب همزمان آنها ارائه نماید:

۱- عناصری که پتانسیل یونی پایینی دارند ، مانند کلسیم، سدیم و منیزیم در ضمن فرایندهای هوازدگی و انتقال به صورت محلول باقی می مانند.

۲- عناصر داراي پتانسيل يوني حد واسط ، به وسيله فرايند هيدروليز رسوب کرده و يون آنها با گروه هاي هيدراکسيل محلول هاي آبگين همجوار مي شود.

۳- عناصر ي که پتانسيل يوني بالايي دارند ، آنيونهاي اکسيژن دار معمولي تشکيل مي دهند.

## غلظت یون هیدروژن

غلظت یون هیدروژن در آب خالص و در ۲۵ درجه سانتیگراد برابر  $10^{-7}$  مول در لیتر است.

اگر غلظت یون هیدروژن در این دما بیش از مقدار فوق باشد، محلول اسیدی، و اگر کمتر باشد محلول قلیایی خواهد بود.

## کلوئیدها

محلول های کلوئیدی از يك سو به محلول های واقعي و از سوي ديگر به مواد معلق مي پیوندند ، بدون اينکه خط جدا کننده مشخصي بين هر يك از آنها وجود داشته باشد.

# انواع کلونیدها

جامد - گاز ← دود

مایع - گاز ← مه

مایع - مایع ← امولسیونها

جامد - مایع ← سول ، ژل ، خمیره

## سول ها

از نظر خواص فیزیکی شبیه مایعات هستند. بنابراین به آسانی جریان یافته و فاقد هر گونه سختی می باشند.

سول ها به دو دسته تقسیم می شوند:

## ۱- سول هاي هيدروفيلي

در اين دسته بين ذرات و ملکول هاي آب ارتباضي متقابل و قوي وجود دارد که باعث پايداري محلول کلونيدي مي شود.

## ۲- سول هاي هيدروفوبي

در اين دسته نيروي جاذبه بين ذرات و ملکول هاي آب وجود نداشته و بنابر اين بسيار نا پايدار بوده و به آساني رسوب مي کنند.



ژل ها

داراي سختي كمي هستند.

خميره ها

سيستم هايي هستند كه با وجود اينكه بخش جامد در آنها به صورت ذرات مشخصي حضور دارد ،اما غلظت اين ذرات آنقدر افزايش يافته كه بخش اعظم سيستم را همين ذرات تشكيل مي دهند.

## بار الکتریکی کلونیدها

ذرات کلونیدی دارای بار الکتریکی هستند. که این بار از دو راه به دست می آید:

- ۱- جذب سطحی یونها از مایع
- ۲- یونیزه شدن مستقیم مواد سازنده ذرات کلونیدی

## جذب سطحي

يکي از خواص مهم ذرات کلوئیدی ، توانایی آنها در پیوستن به برخی مواد خاص و جمع کردن این مواد از طریق جذب سطحي است.

دو نوع جذب سطحي قابل تشخیص است که عبارتند از:

# انواع جذب سطحی

الف) جذب سطحی فیزیکی یا واندروالس  
ب) جذب سطحی شیمیایی

## برخي اصول حاکم بر جذب سطحي

۱- مقدار جذب سطحي همراه با کاهش اندازه دانه هاي جذب کننده، و بنا بر اين افزايش سطح بيروني، افزايش مي يابد.

۲- اگر ماده جذب شده بتواند باماده جذب کننده ترکيبي با حلاليت کم بسازد، امکان جذب سطحي بيشتر است.

۳- مقدار ماده جذب شده از محلول همراه با افزایش غلظت آن در محلول فزونی می یابد.

۴- یونهای دارای بار الکتریکی بالا آسانتر از یونهای دارای بار الکتریکی کم ، جذب می شوند.

# مواد حاصل از فرایند جدایش ژئوشیمیایی

## ۱- مقاوم ها

کانی هایی که در مقابل خورد شدن شیمیایی و مکانیکی مقاومت زیادی دارند به صورت مواد دانه ای مجتمع می شوند.  
کوآرتز رایج ترین این کانی های بازماندنی است.

## ۲- هیدرولیزاتها

تجزیه و هیدرولیز شیمیایی سیلیکاتهای آلومینیوم دار منجر به  
تشکیل

گلی می شود که عمدتاً از کانی های رسی تشکیل یافته است .



## ۳- اکسیدان ها

هیدروکسید فریک مهمترین اکسیدان است که در صورت خلوص تولید کانسارهای رسوبی آهن می کند.

منگنز نیز به صورت یک رسوب اکسیدان، به شکل دی اکسید منگنز آبدار رسوب می کند.

## ۴- کربنات ها

رایج ترین رسوبات کربناتی سنگ آهک است که عمدتاً از کلسیت تشکیل شده ، کربنات کلسیم ممکن است به صورت آراگونیت نیز رسوب کند.

کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم نیز دولومیت نام دارد..

## ۵ - تبخيري ها

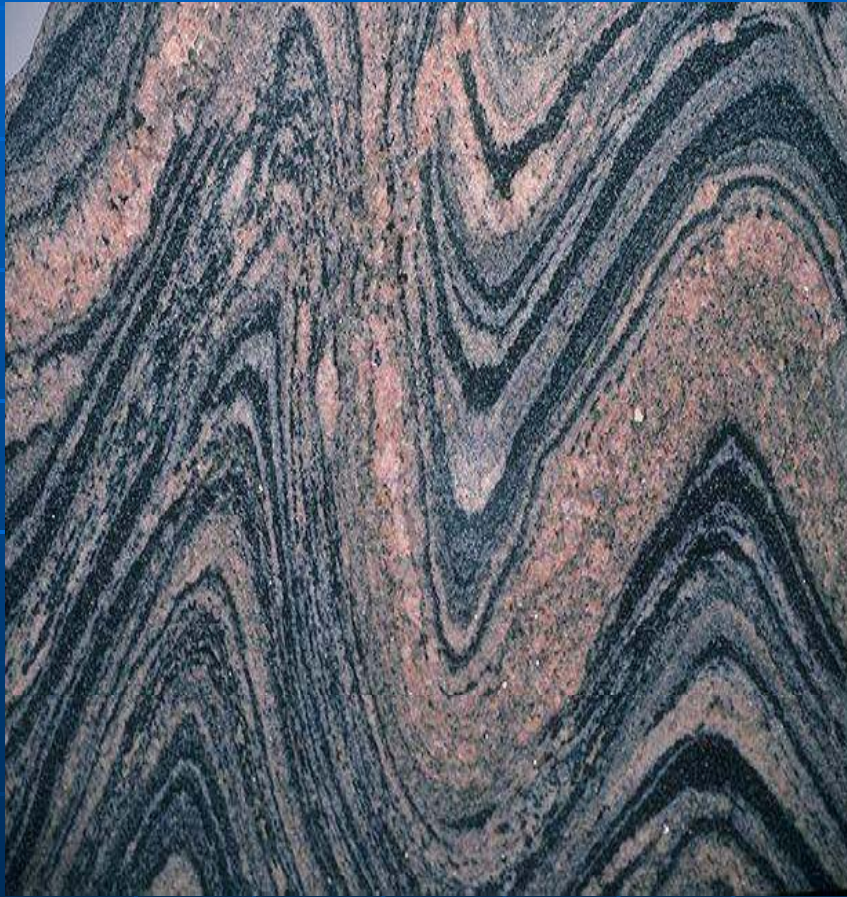
نخستين تركيب جامد حاصل از تبخير آب دريا ،كربنات كلسيم است . ته نشيني كربنات كلسيم ممكن است رسوب كردن دولوميت رانيز به دنبال داشته باشد.

با ادامه تبخیر بسته به درجه حرارت و میزان شوری ،  
سولفات کلسیم به صورت ژیس یا انیدریت تشکیل می شود.

و در مرحله بعد انیدریت و هالیت با هم ته نشین شده و در  
نهایت پلی هالیت رسوب می کند.

# فصل یازدهم

## دگرگونی به عنوان فرایندی ژئوشیمیایی



در این فصل با مطالب زیر آشنا می شویم:

ترکیب شیمیایی سنگ های دگرگونی

واکنش های دگرگونی  
رخساره های دگرگونی

## دگرگوني: فرايندي ژئوشيميايي

دگرگوني را به عنوان مجموعه فرايند هايي در نظر مي گيرند که در زير منطقه هوازدگي عمل کرده ، و باعث تبلور مجدد مواد تشکيل دهنده سنگ مي شود.

حد دگرگوني بين دياژنژ – هوازديگي و ذوب قرار دارد.

ذوب ← دگرگوني | دياژنژ – هوازديگي

## عوامل دگرگون ساز

مهمترین عوامل فیزیکی که در دگرگونی سنگ ها نقش دارند، فشار و درجه حرارت هستند.

غیر از دو عامل فوق باید نقش زمان و سیالات به خصوص آب را هم در نظر داشت.



# فشار هاي موثر در دگرگوني

الف) فشار همه جانبه

فشاري است كه به طور يكسان از هر طرف بر يك نقطه وارد آيد.

در داخل زمين مقدار فشار وارده به يك نقطه تابعي از وزن سنگهاي فوقاني است، كه به آن فشار **ليتو استاتيک** مي گويند.

## ب) فشار جهت دار

گاهی فشارهایی وارده بر سنگ‌ها در بعضی جهات بیشتر است در این حالت بر حسب جهت و شدت فشار، تغییرات صورت می‌گیرد مانند چین خوردگی و گسل‌ها

## ج) فشار سیالات

در شرایط دگرگونی ، مواد فرار موجود در منافذ و شکافها اغلب به عنوان فاز سیال عمل کرده و فشار دیگری ایجاد می کنند که به آن فشار سیالات گویند.

## دگرگوني توپوشيميایي

اگر ترکیب شیمیایی کلی توده سنگ ، قبل و بعد از دگرگوني تغییر نکند، یعنی فقط کانیها و ساخت سنگ عوض شود دگرگوني را ایزو شیمیایی یا توپوشیمیایی گویند.

## دگرگوني آلو شيميایي

اگر سیستم باز باشد، در طی دگرگوني ترکیب شیمیایي سنگ تغییر می کند یعنی مقداری ماده به آن اضافه یا کم می شود. این نوع دگرگوني را آلو شیمیایي یا متاسوماتیسم می گویند.

## پایداری کانیها

پایداری یک خاصیت محیطی است. مثلاً گفته می شود کلسیت در شرایط فشار و دمای معمولی پایدار است. اما اگر کلسیت در جوار اسید هیدروکلریک رقیق قرار گیرد، پایداری آن شدیداً کاهش می یابد.

## وضعیت های پایداری

### ۱- پایداری

هر مجموعه کانیایی که دارای کمترین انرژی آزاد گیبس باشد و تمایلی به تغییر نداشته باشد را پایدار می نامند.

## ۲- نا پایداری

اگر مقدار انرژی در حد کمترین مقدار خود در یک شرایط خاص نباشد و مجموعه کانیایی تمایل به تغییر به انرژی کمتر را داشته باشد، این مجموعه ناپایدار نامیده میشود.



## ۳- نیمه پایداري

يك مجموعه نیمه پایدار، مجموعه اي است که مقدار انرژی آزاد آن بیش از حد اقل سیستم است اما نرخ تغییر به مجموعه داراي کمترین انرژی آنقدر کند است که غیر قابل تشخیص است.

# انواع واکنش های دگرگونی

## ۱- واکنش های جامد – جامد

این واکنش ها با آزاد شدن هیچ ماده فراری همراه نیست.

## ۲- واکنش های کربن زدا

در این واکنش ها گازدی اکسید کربن از محیط خارج می شود.

## ۳- واکنش های آب زدا – آب گیر

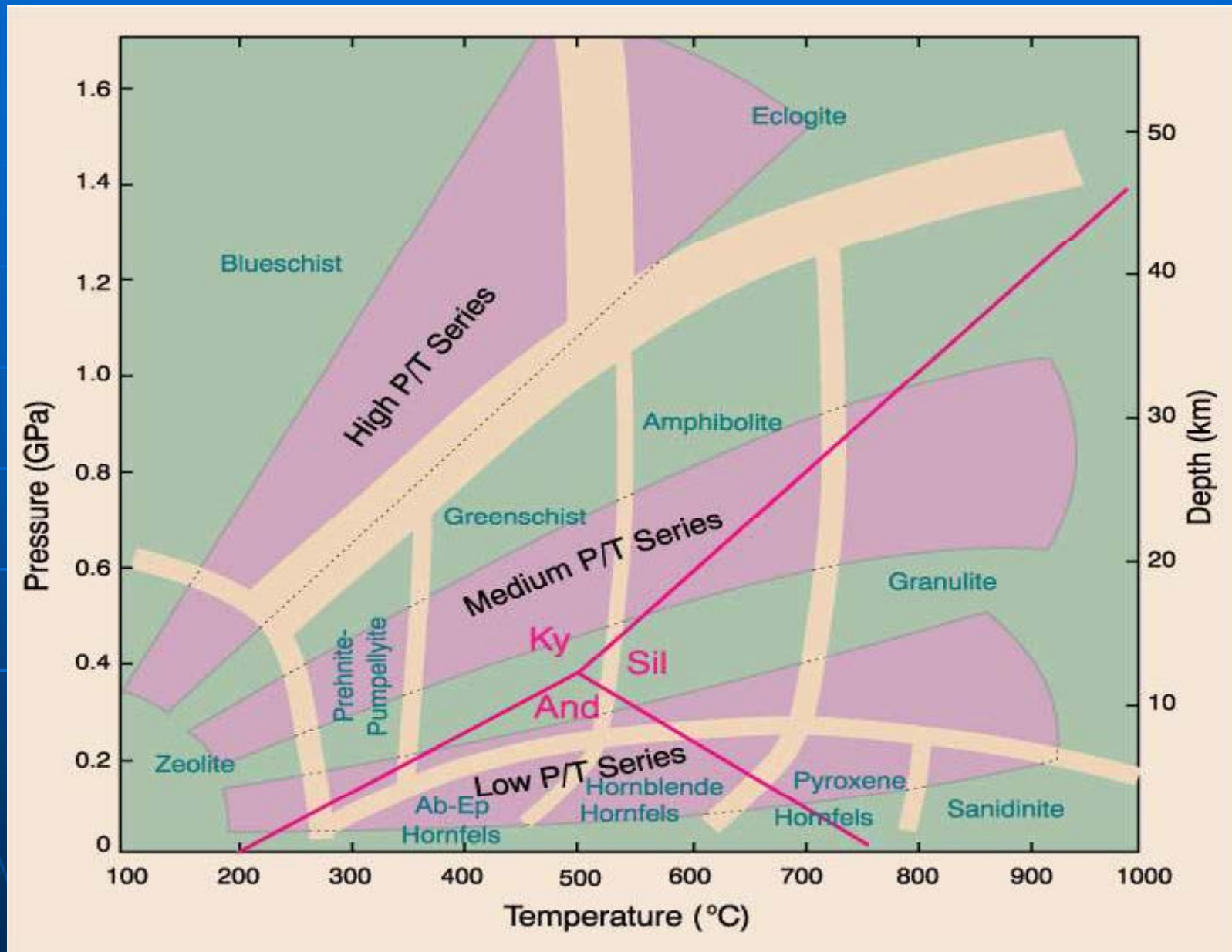
در این واکنش ها همراه با افزایش دما، آب از دست می دهند یا آبگیری از طریق افزایش آب داغ در محیط صورت می گیرد.

## ۴- واکنش های اکسیداسیون – احیا

اغلب در اثر خارج شدن اکسیژن به وسیله تولید گاز های منواکسید و دی اکسید کربن از راه احیای انواع ترکیبات کربن صورت می گیرد.

# رخساره هاي دگرگوني

يك رخساره شامل تمام سنگ هايي مي شود كه تحت يك مجموعه خاص از شرايط فيزيكي به تعادل شيميايي رسیده اند.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

# اقسام مهم رخصاره هاي دگرگوني

## ۱- رخصاره هاي دگرگوني مجاورتي

رخصاره هاي دگرگوني مجاورتي با توجه به افزايش درجه حرارت عبارتند از:

الف) آلبيت – اپيدوت هورنفلس

ب) هورنبلند هورنفلس

ج) پيروكسن هورنفلس

د) سانيدينيت

## ۲- رخساره های تدفینی

اقسام این رخساره برحسب ازدیاد دما و فشار عبارتند از:

الف) زئولیتی

ب) پرهنیت – پومپله ایت

ج) گلوکوفان شیست یا شیست آبی



## ۳- رخصاره هاي دگرگوني ناحيه اي

رخصاره هاي مهم دگرگوني ناحيه اي از درجه ضعيف به شديد عبارتند از:

الف) رخصاره شيست سبز

ب) رخصاره آمفيبوليت

ج) رخصاره گرانوليت

د) رخصاره اكلوژيت

## فوق دگرگوني

اگر دما در ضمن دگرگوني همچنان افزايش پيدا کند سنگهايي به نام ميگماتيت تشکيل خواهند شد. با افزايش دما سرانجام به شرايط فوق دگرگوني مي رسيم و سنگها دچار ذوب خواهند شد.

## میگماتیت

سنگی است مرکب و ناهمگن که قسمتی از آن روشن رنگ  
(بخش گرانیتی) به نام لوکوسم و قسمتی از آن تیره رنگ  
(بخش گنیسی) که ملانوسم نامیده می شود.



جمشید احمدیان - دانشگاه پیام نور  
مرکز اصفهان

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)

## سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه
- تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملاً رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

[www.salampnu.com](http://www.salampnu.com)