

[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)

# مبانی ژئوشیمی

برایان میسن کارلتن مور

ترجمه: دکتر محمد بهرامی

3 واحد نظری

تهیه کننده: ابراهیم اشراقی

---

# هدف های آموزشی کلی کتاب

هدف های آموزشی کلی کتاب عبارتند از:

- 1- آشنایی با موضوع علم ژئوشیمی و سیر تحولات و توسعه این علم
- 2- آشنایی با ماهیت و خاستگاه منظومه شمسی، ترکیب خورشید و سیارات آن
- 3- آشنایی و فراگیری ویژگیهای عمومی زمین و طبقه بندی ژئوشیمیایی عناصر تشکیل دهنده آن
- 4- فراگیری قوانین مربوط به پایداری شبکه‌های بلوری و رابطه شرایط تعادلی این شبکه‌ها با مفاهیم ژئوشیمیایی

# هدف های آموزشی کلی کتاب

هدف های آموزشی کلی کتاب عبارتند از:

5- فراگیری ویژگیهای ماگما و رابطه آن با تشکیل سنگهای آذرین و ترکیب کانی شناختی فرآوردههای پایانی ماگما

6- فراگیری ترکیب کانی شناختی سنگهای رسوبی و عوامل فیزیکوشیمیایی مؤثر در تجزیه و رسوبگذاری فرآوردههای رسوبی

7- فراگیری ایزوتوپهای بعضی از عناصر شیمیایی و چگونگی تعیین سن سنگهای رسوبی و سایر رویدادها

8- فراگیری ترکیب هواکره و خاستگاه آنها و علت‌های فراوانی و اتلاف بعضی از آنها

# هدف های آموزشی کلی کتاب

هدف های آموزشی کلی کتاب عبارتند از:

- 9- فراگیری ترکیب شیمیایی آبهای خشکی و دریا و عوامل کنترل کننده تعادل آنها و همچنین آموختن فرضیه های تکامل اقیانوسها
  - 10- فراگیری ویژگیهای زیست کره و چرخه ژئوشیمیایی کربن و گوگرد
  - 11- فراگیری ترکیب کانی شناختی سنگهای دگرگونی و قوانین حاکم بر تشکیل آنها و تعیین مرز آن با فرایندهای رسوبی و ماگماتیسم
  - 12- فراگیری چرخه ژئوشیمیایی و عوامل مؤثر بر آن.
- 
-

# فهرست عناوین

- فصل 1- مقدمه
- فصل 2- زمین در رابطه با جهان
- فصل 3- ساختمان و ترکیب زمین
- فصل 4- ترمودینامیک و کریستال شیمی
- فصل 5- ماگماتیسم و سنگهای آذرین
- فصل 6- رسوب گذاری و سنگهای رسوبی
- فصل 7- ژئوشیمی ایزوتوپ ها
- فصل 8- اتمسفر
- فصل 9- ماهیت هیدروسفر
- فصل 10- ماهیت بیوسفر
- فصل 11- دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی
- فصل 12- چرخه ژئوشیمیایی



## فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

- به بیانی ساده، ژئوشیمی علمی است که شیمی کل زمین و بخشهای سازنده آن را بررسی می‌کند.
- از لحاظ قلمرو: ژئوشیمی، هم محدودتر و هم گسترده تر از زمین شناسی است.
- ژئوشیمی سر و کارش با توزیع (distribution) و مهاجرت (migration) عناصر شیمیایی در زمین، زمان و در مکان است.

# فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

■ Cosmochemistry (فضاشیمی):

علم تشکیل و توزیع عناصر در کل عالم می باشد.

■ برای درک بهتر شیمی زمین ، مطالعه شیمی و تاریخچه خورشید و سایر اجرام آسمانی و در کل، منظومه شمسی از اهمیت برخوردار است.



# فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

تعریف کلارک :

کلارک در کتاب داده‌های ژئوشیمی این علم را به طریقه محدودتری تعریف می‌کند و می‌گوید :

هر سنگ را می‌توان به صورت يك سامانه شیمیایی در نظر گرفت، که در آن تغییرات شیمیایی توسط عوامل مختلفی روی می‌دهند. این تغییرات به علت وجود آشفستگی در تعادل است که با تشکیل نهایی يك سامانه جدید، در شرایط جدید، به نوبه خود پایدارند. بررسی این تغییرات در قلمرو ژئوشیمی است.

## فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

تعیین اینکه چه تغییراتی امکان پذیرند، چگونه و کی رخ می دهند، مشاهده پدیده هایی که در ارتباط با آنهاست، و برآورد نتایج نهایی آنها، از وظایف ژئوشیمیست است.

## فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

تعریف گلد اشمیت:

هدف اصلی ژئوشیمی را از يك نقطه نظر تعیین مقدار کمی ترکیب زمین و بخش های آن و از نظر دیگر کشف قوانین حاکم بر توزیع هر عنصر می داند.

- برای حل این مشکلات به داده های بسیار نیاز است.

# فصل اول - مقدمه < موضوع ژئوشیمی

خلاصه وظایف اصلی ژئوشیمی

■ **اول** - تعیین فراوانی نسبی و مطلق عناصر و ایزوتوپها در زمین.

■ **دوم** - مطالعه توزیع و مهاجرت عناصر در بخشهای مختلف زمین یعنی در پوسته و آب و جو و در کانیها و سنگها به منظور کشف اصول حاکم بر این توزیع و مهاجرت.

## فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

ژئوشیمی عمدتاً در قرن حاضر توسعه داشته -

■ در سال 1338 شونبین، شیمدان سوئیسی که کاشف ازون نیز هست واژه ژئوشیمی را معرفی کرد.

■ لاوازیه 31 عنصر را تشخیص داد.

■ در دهه آخر قرن 18 هشت عنصر کشف شد.

# فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

کشف یا جدایش عناصر در قرن 19 به شرح زیر است :

1800 - 1809	1810 - 1819	1820 - 1829	1830 - 1839
9	4	2	2
عنصر کشف شد	عنصر کشف شد	عنصر کشف شد	عنصر کشف شد
پیشرفتهای نظری از طریق لاوازیه و دالتون			


# فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

کشف یا جدایش عناصر در قرن 19 به شرح زیر است :

1840 - 1849	1850 - 1859	1860 - 1869	1870 - 1879
<b>3</b> عناصر کشف شد	<b>0</b>	<b>4</b> عناصر کشف شد	<b>6</b> عناصر کشف شد
		استفاده از اسپکتروسکوپ توسط باتسن و کیرشرف	کشف لانتانیدها و عناصر پیش بینی شده جدول

# فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

کشف یا جدایش عناصر در قرن 19 به شرح زیر است :

1880 - 1889	1890 - 1899	1900
5 عناصر کشف شد	8 عناصر کشف شد	
کشف لانتانیدها و عناصر پیش بینی شده جدول	کشف گاز های بی اثر و رادیواکتیو توسط بکرل	تکمیل جدول تناوبی



## فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

در خلال قرن 19 داده های ژئوشیمیایی اساسا ناشی از تحقیقات زمین شناسی و کانی شناسی بود و این امور عمدتا در آزمایشگاههای اروپایی انجام می شد ولی با تاسیس سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) و انتصاب کلارک در سال 1884 به سمت سر شیمیدان، مرکز ویژه تحقیقات شیمیایی زمین در قاره آمریکا پایه گذاری گردید.

# فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

در سال 1889 کلارک مقاله فراوانی نسبی عناصر را

منتشر کرد. در سال 1908 **The Data of**

**Geochemistry** را منتشر کرد .

در سال 1904 **Carnegie Institution of Washington**

تاسیس شد. سیاست این آزمایشگاه انجام آزمایشات تحت

شرایط کنترل شده و کاربرد اصول فیزیکی و شیمیایی در

فرایندهای زمین شناسی بود.

## فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

بعداً گلداشمیت تغییرات در دگرگونی مجاورتی شیل مارن و سنگهای آهکی را با اسفاده از اصول تعادل شیمیایی بیان کرد. سال 1912 یک تاریخ مهم در توسعه علم ژئوشیمی محسوب میشود زیرا Laue نظم اتمها در بلورها را با استفاده از اشعه X نشان داد.

در واقع گلداشمیت قبلاً اهمیت تعیین شبکه بلوری را بیان کرده بود.

## فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

- بیشتر پیشرفتهای علم ژئوشیمی به توسعه تکنیکهای تجزیه ای (Analytical techniques) مربوط می شود.
- مطالعه رادیواکتیویته در جنگ جهانی دوم باعث پیشرفت های شگرفی در آنالیزها توسط neutron activation شد.

این خود منجر به گشوده شدن فرصتی برای مطالعات ایزوتوپی و ژئوکرونومتری به وسیله فنون طیف سنجی جرمی شد.

# فصل اول - مقدمه < تاریخچه ژئوشیمی

## ادبیات ژئوشیمی

بیشتر یافته های ژئوشیمیایی در نوشته های زمین شناسی  
پراکنده اند.

سه کتاب مهم کلاسیک در ژئوشیمی عبارتند از:

اولین کتاب < Clark's Data of Geochemistry

دومین کتاب، کتاب ژئوشیمی توسط Rankama و  
Sahama است که در سال 1950 منتشر شد.

سومین کتاب، کتاب ژئوشیمی گلد اشمیت است.

## فصل دوم – زمین > ماهیت عالم در رابطه با عالم

زمین، یکی از اجزای منظومه شمسی است. این منظومه از خورشید، سیارات و قمرهای آنها، سیارکها، ستاره‌های دنباله‌دار، و شهاب سنگها تشکیل شده است.

خورشید، فقط يك ستاره از صدمیلیارد ستاره‌ای است که در کهکشان ما قرار دارد.

این کهکشان يك شکل عدسی مانند، با قطری حدود 70000 سال نوری دارد.

Mercury



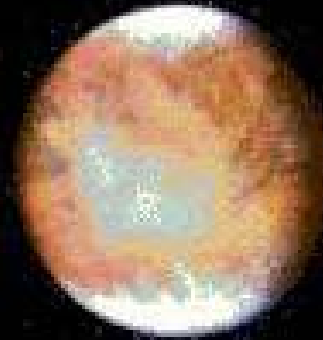
Venus



Earth



Mars



Jupiter



Saturn



Uranus



Neptune



Pluto



Copyright Microsoft



Jet Propulsion Laboratory/Liaison International



## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ماهیت عالم

■ بجز کهکشان ما، تعداد بسیار زیادی منظومه‌های خورشیدی وجود دارند.

این منظومه‌ها یا سحابیهای برون کهکشانی به صورت نسبتاً

یکنواختی در فضا پراکنده هستند که نزدیکترین آنها به نام سحابی آندرومدا در فاصله حدود  $1.75 \times 10^6$  سال نوری

است

## فصل دوم - زمین < سن عالم در رابطه با عالم

نظریه جهان پویا و در حال انبساط ، نیازمند آن است که جهان پیوسته حالت تکاملی داشته باشد. اگر ما از نظر زمانی به عقب برگردیم، به حالتی می‌رسیم که جهان به صورت يك نقطه منقبض شده بود یا به عبارت دیگر، تمام مواد موجود در جهان، در ناحیه بسیار کوچکی متمرکز شده بودند. ما به طور مرسوم این حالت جهان را حالت ابتدایی آن می‌دانیم و سن نجومی آن را پس از این زمان در نظر می‌گیریم.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < ماهیت منظومه شمسی

هر تئوری که در مورد منشا منظومه شمسی عنوان می شود بایستی بیانگر نظمی باشد که اهم آنها عبارتند از پنج مورد:

1. خورشید شامل بیش از 99.8% وزن این منظومه است، ولی فقط 2% مقدار حرکت زاویه ای را به عهده دارد.

## فصل دوم – زمین > سن عالم در رابطه با عالم

ترکیب عنصری منظومه شمسی به جز تبدیل هیدروژن به هلیوم و بقیه واکنشهای هسته ای در خورشید یکسان است. سن عناصر از زمان سن عنصر رادیواکتیو مادر محاسبه میشود. Table 2.1 بعضی از عناصر رادیواکتیو را که از لحاظ سن سنجی مهم هستند نشان میدهد. یک نظم قابل پیش بینی در توزیع عناصر و **nuclides** در منظومه شمسی وجود دارد.

# فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < سن عالم

Table 2.1: بعضی سری های رادیواکتیو طبیعی مهم برای تعیین سن زمین شناختی

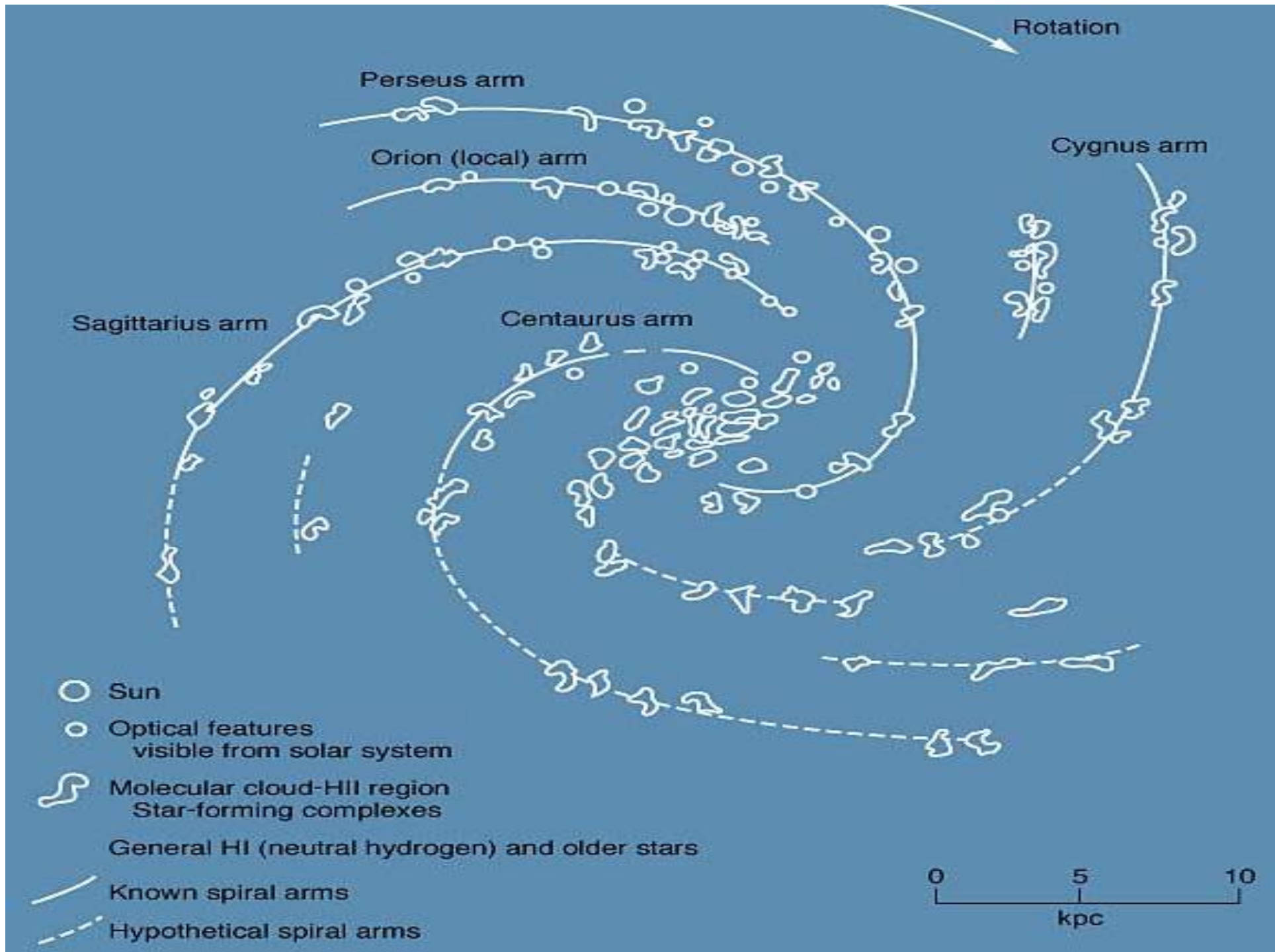
عنصر مادر	نیمه عمر	فرآورده نهایی
$^{238}\text{U}$	<u><math>4.5 * 10^9</math> YEARS</u>	$^{206}\text{Pb} + 8^4\text{He}$
$^{235}\text{U}$	<u><math>7.1 * 10^8</math> YEARS</u>	$^{207}\text{Pb} + 7^4\text{He}$
$^{232}\text{Th}$	<u><math>1.4 * 10^{10}</math> YEARS</u>	$^{208}\text{Pb} + 6^4\text{He}$
$^{87}\text{Rb}$	<u><math>4.9 * 10^{10}</math> YEARS</u>	$^{87}\text{Sr}$
$^{40}\text{K}$	<u><math>1.3 * 10^9</math> YEARS</u>	$^{40}\text{Ar} , ^{40}\text{Ca}$

## فصل دوم – زمین < سن عالم در رابطه با عالم

اگرچه زمین به صورت يك جسم مستقل در حدود  $4.6 \times 10^9$  سال پیش تشکیل شده است، ولی تا تشکیل پوسته آن زمان درازی طول کشیده است.

این موضوع از داده‌های عمریابی سنگهای پوسته با استفاده از روشهای فروپاشی پرتوزایی تشخیص داده می‌شود.









## فصل دوم – زمین < ماهیت منظومه شمسی در رابطه با عالم

2. سیارات، همگی در یک جهت و در مدارات بیضوی به دور خورشید می چرخند، و این مدارات همگی عملاً در یک صفحه قرار می گیرند.

3. سیارات، در همان جهاتی که به دور خورشید می چرخند به دور محور خود نیز می چرخند.

## فصل دوم – زمین < ماهیت منظومه شمسی در رابطه با عالم

4. سیارات، یک فاصله منظمی را نسبت به خورشید ، همانطور که طبق قانون بود (Bode) بیان میشود نشان داده و تشکیل دو گروه متباین را می دهند:

0 یک گروه داخلی با سیارات کوچک (عطارد، زهره، زمین، مریخ) که به نام سیارات زمینی معروف اند.

# فصل دوم – زمین < ماهیت منظومه شمسی در رابطه با عالم

قانون بود (Bode):

قانون بود یک سری تجربی است که با تقریب دقیقی

فواصل نسبی سیاره ها را از خورشید به دست می دهد.

# :Bode-Titus Law



	Bode's Law predictions	actual distances
<b>Mercury</b>	0.4	0.39
<b>Venus</b>	0.7	0.72
<b>Earth</b>	1.0	1.0
<b>Mars</b>	1.6	1.52
	2.8	
<b>Jupiter</b>	5.2	5.2
<b>Saturn</b>	10.0	9.52
<b>Uranus</b>	19.6	19.26
<b>Neptune</b>	38.8	30.1
<b>Pluto</b>	78.2	39.8

## فصل دوم – زمین < ماهیت منظومه شمسی در رابطه با عالم

4. ...

0 و یک گروه خارجی با سیارات بزرگ (مشتری، زحل، اورانوس و نپتون) که به نام سیارات اصلی معروف اند.

5. بخش اصلی مقدار حرکت زاویه ای منظومه شمسی در سیارات متمرکز می شود، در حالی که تمرکز وزن آن در خورشید است.

## THE SUN



### DISTANCE FROM EARTH

Shortest	147,100,000 km (91,400,000 mi)
Greatest	152,100,000 km (94,500,000 mi)
Mean	150,000,000 km (93,000,000 mi)

### TYPICAL SIZE OF ...

Granulation	2000 km (1250 mi)
Supergranulation	30,000 km (18,600 mi)
Sunspot	8000 km (5000 mi)

### AGE

4.5 billion years

### SPECTRAL TYPE

G2

Microsoft Chart

### APPROXIMATE TEMPERATURE

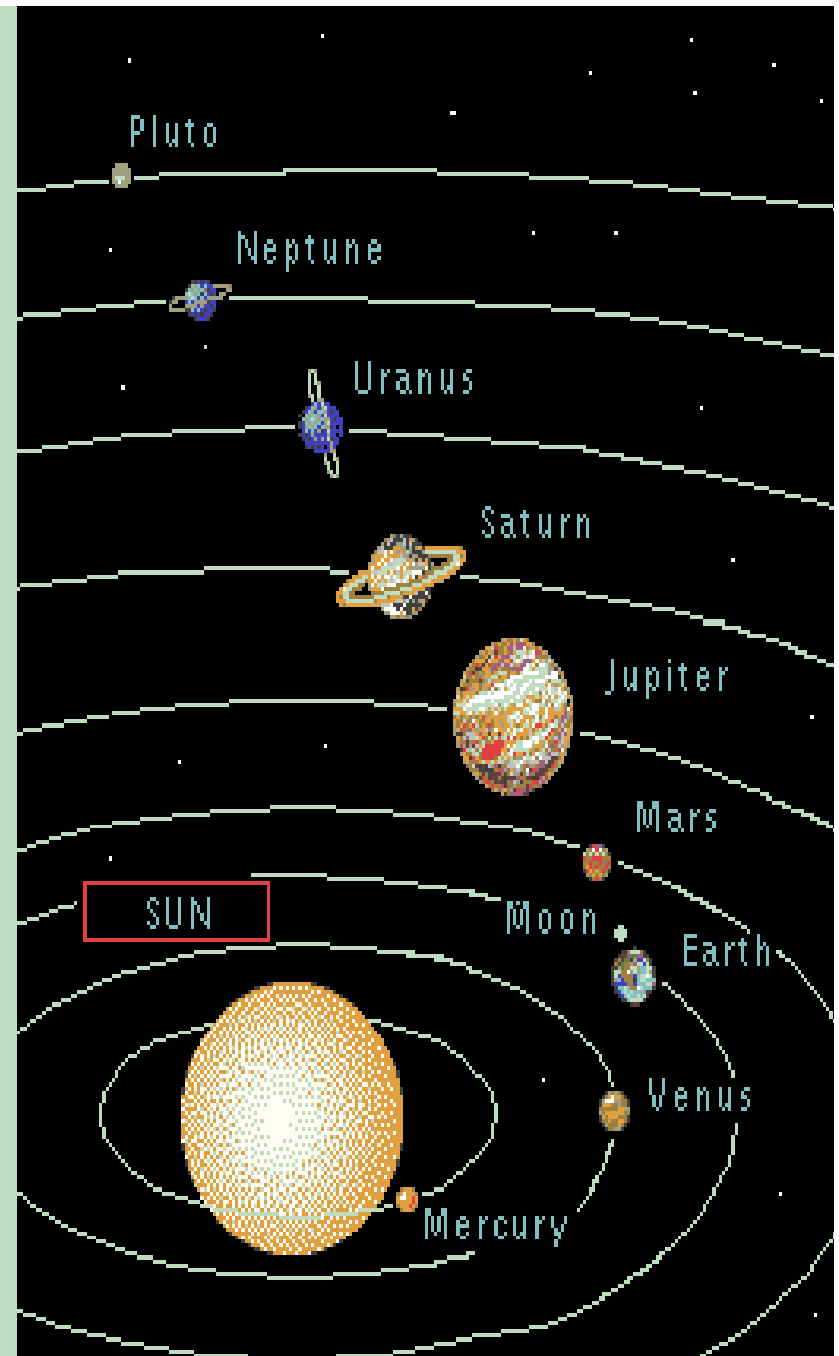
At center	16,000,000 K (29,000,000° F)
At surface	5800 K (9300° F)
In sunspot	4500 K (8100° F)
In corona	1,000,000 K (1,800,000° F)

### SIZE/ENERGY

Radius	696,000 km (432,500 mi)
Energy output	$3.83 \times 10^{33}$ ergs/sec
Mass	$1.99 \times 10^{30}$ kg

### CHEMICAL COMPOSITION

Hydrogen, helium (with traces of at least 70 other heavier elements).



## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < منشا منظومه شمسی

دو تفکر اصلی در مورد منشا منظومه شمسی وجود دارد .  
هر دو تفکر آن را مشتق از یک خورشید اولیه یا Solar  
nebula میدانند.

یکی منشا انرژی لازم برای تشکیل سیارات را بیرونی  
Buffen و یکی درونی Kant می داند.



## فصل دوم – زمین < منشأ منظومه شمسی در رابطه با عالم

**Laplace** به يك توده عظیم چرخان اشاره میکند مدت 60 سال نظر لاپلاس مطرح بود تا اینکه ماکسول آنرا رد کرد . تمرکز مومنتم زاویه ای در سیارات و نه در خورشید ایرادی بود که به لاپلاس گرفته شد و سپس نظر بوفن توسط چمبرلین و مولتون در امریکا احیا شد.

## فصل دوم – زمین < منشا منظومه شمسی در رابطه با عالم

■ نظر وون ویزاکر بیشتر با حقایق همسو است.

double stars ایده های دیگری را در مورد تشکیل منظومه شمسی بیان میکند .

## فصل دوم – زمین < خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

هر نظریه قابل قبولی در مورد خاستگاه منظومه شمسی باید علت نظم و قاعده‌های آن را توضیح دهد. در این رابطه دو تصور وجود دارد، که هر دو پیشینه‌ای قدیمی و محترم دارند.

هر دو تصور، منظومه شمسی را جدا شده از یک خورشید یا سحابی خورشیدی، می‌داند.

## فصل دوم – زمین < خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

■ تصور اول به فیلسوف فرانسوی، بوفون (1749)  
برمی‌گردد.

وی عقیده داشت که سیارات از بدنه خورشید و در نتیجه  
برخورد آن با ستاره‌های دیگر، جدا شده‌اند.

■ تصور دوم، از اندیشه‌های کنت در 1755 سرچشمه  
گرفته است.

## فصل دوم – زمین < خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

کنت اظهار داشت که در درون یک سحابی خورشیدی اولیه،  
مناطق وجود داشته که چگالی آنها اندکی بیش از متوسط  
چگالی سحابی بوده است.

این مناطق به صورت جایگاههایی برای تجمع ماده، عمل  
می کنند و لذا سیارات، در مرکزهای این مناطق، رشد  
کرده اند.

## فصل دوم – زمین < خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

■ لاپلاس در 1796 حالت اولیه خورشید را به صورت توده نازک چرخانی از گاز در نظر گرفت که تمام حجم منظومه شمسی فعلی را اشغال می‌کرده است. انقباض و همراه با آن افزایش سرعت چرخشی به ره‌اشدن يك سری حلقه‌های گازی، در نتیجه نیروی گریز از مرکز، منجر شد. این حلقه‌ها بعداً متراکم شدند و سیارات را تشکیل دادند.

## فصل دوم – زمین < خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

در سالهای اخیر، خاستگاه زمین و به طور کلی منظومه شمسی، موضوع فرضیه‌های زیادی بوده است. برخی از ستاره‌شناسان نظریه سحابی را با تغییراتی دوباره مطرح کرده‌اند.

تفسیری که اولین بار توسط فون ویتساگر، اظهار شد، به نظر می‌رسد به بهترین وجهی با حقیقت، هماهنگ باشد.

## فصل دوم – زمین > خاستگاه منظومه شمسی در رابطه با عالم

■ این تفسیر، خورشید اولیه را به صورت توده‌ای با دوران سریع تجسم می‌کند که توسط پوشش عدسی شکل وسیعی حاوی ذره‌های جامد و گاز که حرکاتی متلاطم دارند، در برگرفته می‌شود.



## فصل دوم – زمین < ترکیب عالم در رابطه با عالم

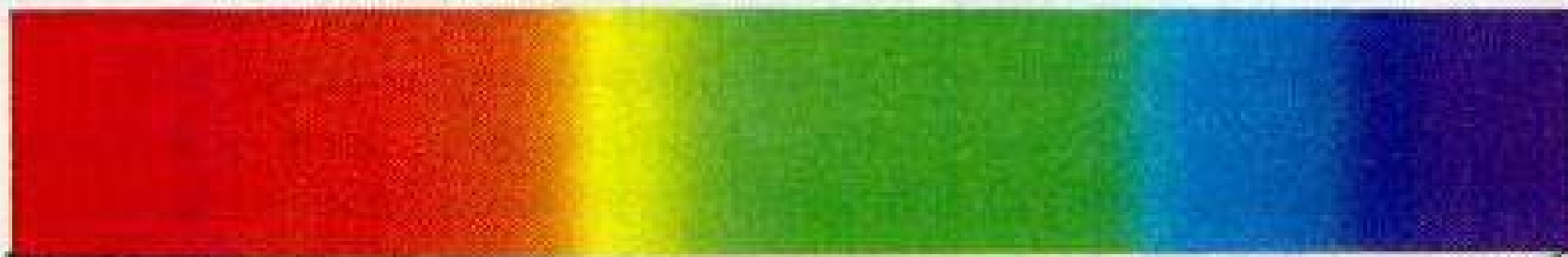
اطلاعات ما در مورد ترکیب شیمیایی عالم از آزمایشات اسپکتروسکوپی انالیز متئوریت ها و ترکیب زمین و سیارات ناشی می شود.

■ فراوانی عناصر مختلف در عالم یکسان است.

## فصل دوم – زمین > ترکیب خورشید در رابطه با عالم

محدودیت های اصلی مطالعات اسپکتروسکوپی عبارتند از  
اینکه:

- 1- بعضی عناصر یا طیف قابل تشخیص ندارند یا اینکه طول موج آنها کمتر از 2900 انگسترم است و توسط جو زمین جذب می شوند. این محدودیت با توجه به موشک هایی که به ارتفاع بالا فرستاده می شوند حل شده است.



Visible light

Low energy

High energy

Frequency ( $s^{-1}$ )

$3 \times 10^{10}$

$3 \times 10^{12}$

$3 \times 10^{14}$

$3 \times 10^{16}$

$3 \times 10^{18}$



$10^{-1}$

$10^{-2}$

$10^{-3}$

$10^{-4}$

$10^{-5}$

$10^{-6}$

$10^{-7}$

$10^{-8}$

$10^{-9}$

$10^{-10}$

$10^{-11}$

Wavelength (m)

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ترکیب خورشید

2- طیف ها در قسمت بیرون تر خورشید ایجاد می شوند و ترکیب جو خورشید را می دهند.

حدود 70 عنصر در طیف خورشید تشخیص داده شده اند.

■ هلیوم و هیدروژن قسمت عمده خورشید، زحل، اورانوس و نپتون را تشکیل می دهد.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < ترکیب سیارات

آزمایشات اسپکتروسکپی و مشاهدات ظاهری در مورد ترکیب توده bulk composition سیارات اطلاعی نمی دهند.

■ عطارد جو ندارد.

■ زهزه جو مترکمی است که کلا از دی اکسید کربن تشکیل شده .

## فصل دوم – زمین < ترکیب سیارات در رابطه با عالم

- رنگ قرمز مریخ به علت اکسید آهن است.
- سیارات اصلی دارای جو ضخیم و وزن مخصوص کم به علت وجود مقدار زیاد هیدروژن و هلیم هستند.
- شکل شلغمی فرورفته مریخ در ناحیه قطبها و نبود یک میدان مغناطیسی، بیانگر این است که این سیاره هسته سیال ندارد.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ترکیب شهاب سنگها

- میلیونها شخانه (شهاب سنگ) با اندازه‌های مختلف در منظومه شمسی وجود دارند، از ریزترین ذره‌های غبار تا انواعی که قطر آنها به کیلومترها می‌رسد.
- مواد شخانه‌ای که به طور پیوسته به روی زمین سقوط می‌کنند، اغلب به شکل غبارند و با ابزار ویژه قابل تشخیص هستند.
- میزان ریزش شخانه‌ای سالانه بین 30,000 و 150,000 تن برآورد شده است.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ترکیب شهاب سنگها

- دانش ما از ترکیب شخانه‌ها یا از نمونه‌های بزرگتر و تماشایی تری که سقوط آنها دیده می‌شود به دست می‌آید
- شخانه‌ها اساساً از آلیاژ نیکل - آهن، سیلیکات بلورین (عمدتاً الیومین یا پیروکسن)، کانی سولفور آهن تروایلیت، یا مخلوطی از اینها تشکیل شده‌اند.
- هیچ شخانه‌ای که مشابه سنگهای رسوبی یا دگرگونی باشد یافت نشده است.



## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ترکیب شهاب سنگها

سامانه‌های طبقه بندی بسیاری برای شخانه‌ها ارائه شده است. گروه بندی مورد نظر ما به صورت زیر است :

- ❖ سیدریت ها یا آهنها میاتگین 98 درصد فلز
- ❖ سیدرولیت ها 50 درصد فلز 50 درصد سیلیکات
- ❖ آنرولیت ها یا سنگ ها

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < ترکیب شهاب سنگها

سیدریت ها یا آهنها میاتگین 98 در صد فلز:

■ عمدتا از آهن و نیکل هستند ولی کانیهای فرعی مقابل هم در آنها دیده میشوند که گاهی ساختمان هشت وجهی یا ویدمنستاتن نشان میدهند.

کرومیت	کوهنیت	داوبرلایت	شرابرسیت	ترو ایلایت
(Fe Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	Fe C	(Fe Cr <sub>2</sub> S <sub>4</sub> )	(Fe, Ni, C) 3P	FeS

## فصل دوم – زمین > ترکیب شهاب سنگها در رابطه با عالم

سیدرولیت ها 50 درصد فلز 50 درصد سیلیکات:

■ از آهن و نیکل و سیلیکات هستند.

○ پالازیت ها: یکپارچه از آهن و نیکل درست شده اند که در بین خود الیوین دارند و اغلب اشکال بلوری نشان میدهند.

○ مزو سیدریت ها: فلز منقطع بوده و سیلیکات ها پلاژیوکلاز و پیروکسن و گاهی کمی الیوین هستند.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < ترکیب شهاب سنگها

آئرولیت ها یا سنگ ها

■ از نظر بافت به دو گروه تقسیم می شوند:

1) کندریت ها 2) آکندریت ها

○ کندریت ها:

کندرول = اجسام مدور با میانگین قطر 1 میلیمتر که عمدتاً شامل الیوین یا پیروکسن هستند.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم > ترکیب شهاب سنگها

کندرول ها منحصر به این شهاب سنگها هستند و هرگز در سنگهاي زميني دیده نشده اند.

شهاب سنگ مرچیزون که در استرالیا سقوط کرد قویا منشأ غیر زیستی ترکیبات آلی را نشان میدهد.

کندریت ها منبع اولیه اطلاعات راجع به فراوانی مطلق یا کیهانی عناصر می باشند.

## فصل دوم – زمین > ترکیب شهاب سنگها در رابطه با عالم

### o آکندريت ها:

شامل کندرولها نشده و معمولاً بسیار درشت تر از کندريت ها مي باشند.

تکتايت ها مشابه ايسيدين هستند. سقوط آنها دیده نشده است و بعضي انها را نتیجه برخورد ستارگان دنباله دار با شهاب سنگ ها ي غول پيکرمي دانند.

## فصل دوم – زمین > فراوانی گیاهانی عناصر در رابطه با عالم

با استفاده از اطلاعات گسترده تر و دقیق تر از اولین جدولی  
که توسط گلداشمیت در سال 1937 ارائه شد  
Cameron نسبت به انتشار جدول فراوانی گیاهانی  
عناصر اقدام نمود.

## فصل دوم – زمین > فراوانی کیهانی عناصر در رابطه با عالم

در آنالیز دقیق این داده ها، انتظامی دیده می شود.

1- تا عدد اتمی حدود 40 يك کاهش نمادي فراوانی عناصر دیده می شود.

2- عناصر با عدد اتمی زوج فراوانترند.

3- تغییر فراوانی نسبی عناصری که عدد اتمی بالاتر از نیکل دارند کمتر از عناصری است که عدد اتمی آنها پایینتر از نیکل است .



## فصل دوم – زمین > فراوانی کیهانی عناصر در رابطه با عالم

4- تنها ده عنصر H، He، C، N، O، Ne، Mg، Si، S و Fe که عدد اتمی همه آنها کمتر از 27 است فراوانی قابل توجهی دارند. در بین اینها، هیدروژن و هلیم بسیار فراوانتر از هشت عنصر دیگر هستند.

5- در عدد اتمی 26 يك قله فراوانی مشخص وجود دارد و چند قله کوچکتر نیز در چندین عدد اتمی سنگینتر دیگر دیده می‌شود.

## فصل دوم – زمین < فراوانی کیهانی عناصر در رابطه با عالم

- فراوانیهای مطلق عناصر بیشتر بستگی به خواص هسته ای دارند تا خواص شیمیایی .
- هر عنصری ممکن است چندین «ایزوتوپ» داشته باشد که از نظر عدد جرمی یا وزن اتمی، پایداری، و تا اندازه‌ای خواص شیمیایی متفاوت‌اند.
- ایزوتون – ایزوبار

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < فراوانی کیهانی عناصر

- تعداد نسبتاً کمی از نوکلئید های موجود در هر عنصر پایدارند.
- از بین هزار ایزوتوپ یا بیشتر که تا کنون شناخته شده اند، تنها حدود 270 ایزوتوپ، غیرپرتوزا هستند.
- دلیل فراوانی يك نوکلید خاص از ترکیب پایدار پروتونها و نوترونها در هسته آن ناشی می شود.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < منشا عناصر

ساختمان هسته ای عناصر که متشکل از نوترون و پروتون است باعث عنوان تئوری هایی در مورد منشا و فراوانی نسبی عناصر شده است .

یک تئوری، تئوری تعادلی است . این تئوری بیانگر این است که فراوانی نسبی عناصر ناشی از یک تعادل ترمودینامیکی است . تا عدد اتمی 40 این تئوری گویا است .

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < منشأ عناصر

ولی برای اعداد اتمی بالاتر فراوانی کمی را میدهد که نامعقول است .

بنابراین تئوری هایی عنوان شده است که فراوانی عناصر را بر اساس فرایندهای غیر تعادلی میداند .

این تئوری عدم حضور هسته های با وزن اتمی 5 و 8 را توضیح نمی دهد.

## فصل دوم – زمین در رابطه با عالم < منشا عناصر

Burbidge ,Fowler, Hoyle در سال 1957 اعلام کردند ویژگیهای عمومی منحنی فراوانی عناصر را می توان به وسیله واکنشهای هسته ای که در ستارگان رخ می دهد، توضیح داد.

## فصل دوم – زمین < منشأ عناصر در رابطه با عالم

### سوپرنوا

■ اساساً يك انفجار ستاره‌ای یا از هم پاشی سانحه‌ای يك ستاره است. این انفجار درخشندگی به بزرگی 108 برابر درخشندگی خورشید ایجاد می‌کند. این درخشندگی به صورت توانی با نیمه عمری حدود 56 روز کاهش می‌یابد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < مقدمه

لازمه فهم ژئوشیمی داشتن دانشی از ترکیب و حالت داخلی زمین است و این نمی‌تواند از طریق مشاهده مستقیم به دست آید.

■ از این رو برای به دست آوردن برخی اطلاعات از ساختمان داخلی زمین، باید وسیله غیر مستقیمی به کار گیریم.

در اینجا از ژئوفیزیک کمک می‌گیریم زیرا خواص فیزیکی زمین و بخش‌های مختلف آن با قوانین فیزیکی مانند گرانش، انتقال موج، رسانش گرمایی و پدیده‌های دیگر بیان می‌شود.



# فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < مقدمه

## 0 منابع اصلی اطلاعات :

- 1- شتاب ثقل {چگالی میانگین}
- 2- ثابت انحراف مسیر اعتدالین {علل توزیع چگالی}
- 3- داده های لرزه نگاری {گسستگیها}
- 4- داده های مربوط به حرارت {توزیع عناصر رادیو اکتیو}

# فصل سوم – ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

- اطلاعات زیادی در رابطه با درون زمین، می توان از طریق تجزیه امواج زلزله به دست آورد.
- يك زلزله امواج مختلفی را تولید می کند، که از بین آنها دو نوع که از درون زمین عبور می کنند، برای هدف ما مهمتر هستند. این دو نوع موج، حتی در محیط یکسان هم با سرعت متفاوتی حرکت می کنند.

## فصل سوم – ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

- امواج با حرکت تندتر، ارتعاشاتی در جهت انتشار دارند (مشابه امواج صوت در هوا). اینها اولین امواجی هستند که به وسیله لرزه نگار، در فاصله قابل توجهی از کانون زلزله ثبت می شود و به نام امواج اولیه یا امواج P معروف اند.

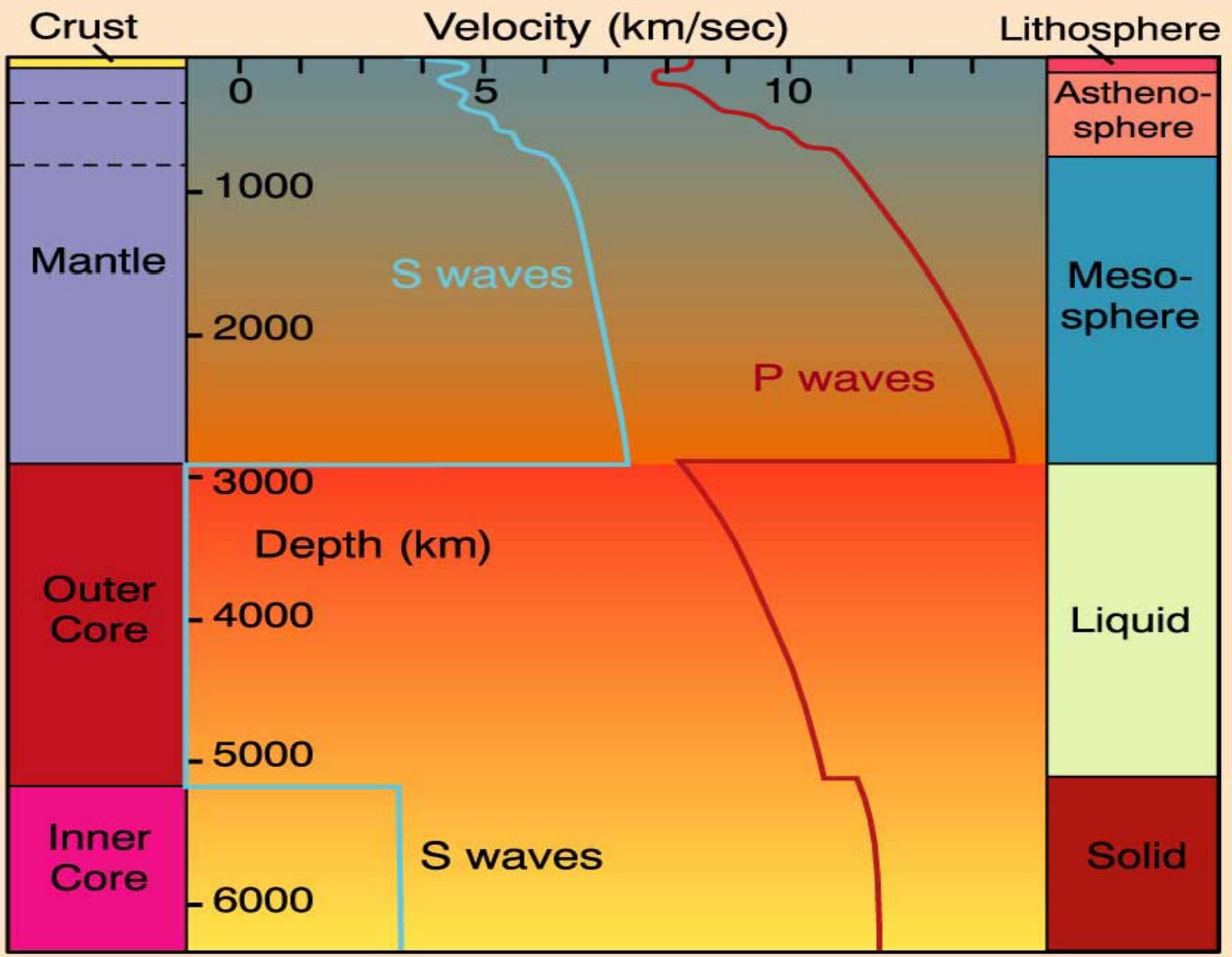
# فصل سوم – ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

- امواجی که حرکت کندتری دارند، ارتعاشاتی عمود بر جهت انتشار نشان می دهند (مشابه امواج نور) و به نامهای امواج ثانوی، برشی، یا امواج S شناخته شده اند.

# فصل سوم - ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

■ سرعت های امواج P و S بسته به چگالی و ثابت های کشسانی ماده ای که از آن می گذرند، تغییر می کند، و دستخوش بازتاب و شکست در سطوح گسستگیها می شوند.

■ با مقایسه زمانهایی که امواج P و S حاصل از یک ضربه به ایستگاههای مختلف می رسند، جدولهایی به نام جدولهای حرکت - زمان می توان رسم کرد که از طریق آنها، سرعت این امواج به عنوان تابعی از عمق می تواند محاسبه شود.



## فصل سوم – ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

- درون زمین ناهمگن است، یعنی در اعماق مختلف ، مواد خواص کشسانی گوناگونی دارند.
- این ناهمگنی اتفاقی نیست، بلکه در مناطقی وجود دارد که از همدیگر با گسستگیهایی که تندی بیشتر یا کمتر دارند جدا می شوند.

## فصل سوم - ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

■ دو گسستگی اصلی یا درجه اول (گسستگی درجه اول نوعی گسستگی است که يك جهش ناگهانی در منحنی سرعت - عمق ایجاد می کند) به وسیله ژئوفیزیستها، تشخیص داده شده است.

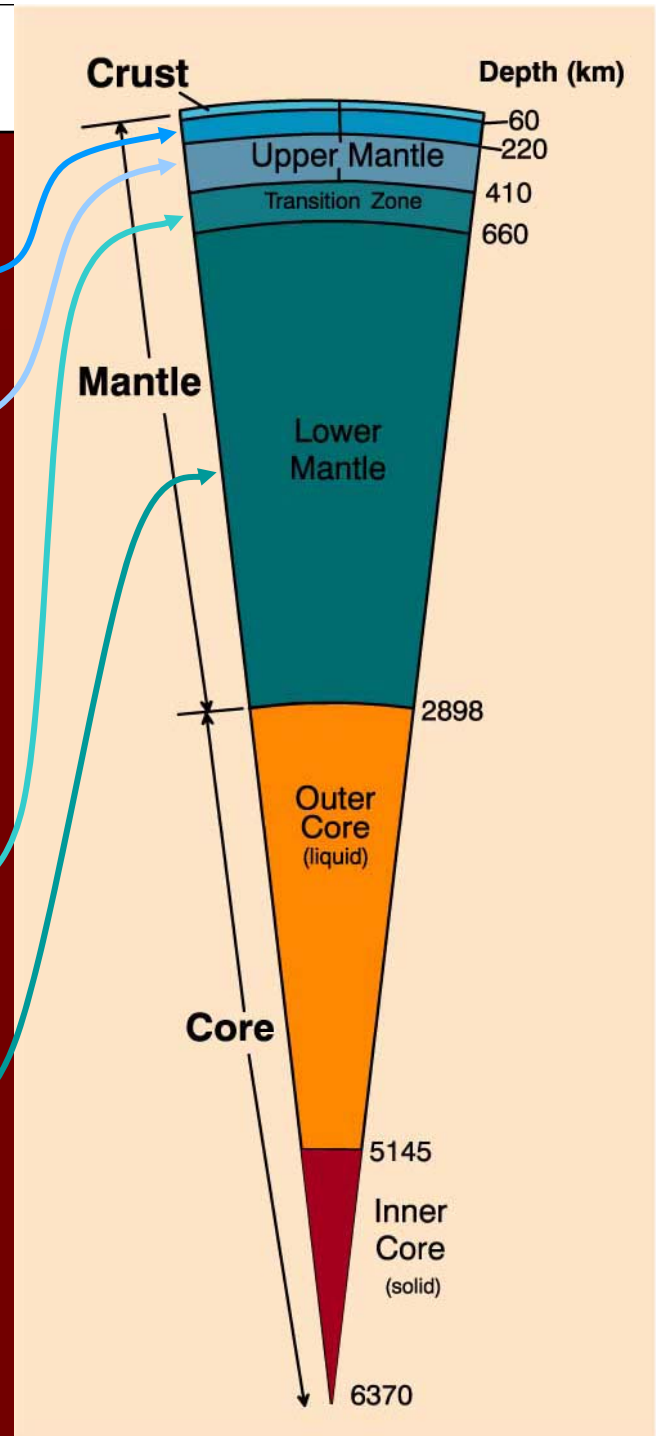
این دو گسستگی زمین را به سه بخش تقسیم می کنند



# Earth's deep interior: mantle

## Mantle: Peridotite (ultramafic rock)

- Upper 220 km is made of olivine & pyroxene with minor spinel & garnet with mostly  $\text{Si}^{[4]}$ .
- The region from 220 to 410 km is made of olivine, spinel, and garnet with increasing amounts of spinel & garnet and increasing amounts of  $\text{Si}^{[6]}$ .
- In the Transition Zone from 410 to 660 km seismic wave velocity increases rapidly as olivine is replaced by spinel and garnet.
- Below 660 km is the lower mantle with the dominant mineral being an  $\text{MgSiO}_3$  perovskite with  $\text{Si}^{[6]}$ . Lower Mantle has more gradual velocity increase.



# فصل سوم – ساختمان داده هاي لرزه اي داخل و تركيب زمين < زمين

- گسستگی کنراد ( بین پوسته قاره اي و پوسته اقیانوسی )
- گسستگی موهو (مرز بین پوسته اقیانوسی و گوشته )
- گسستگی گوتنبرگ (مرز بین جبه تحتانی وهسته بیرونی )

# فصل سوم – ساختمان داده های لرزه ای داخل و ترکیب زمین < زمین

✓ گسستگیهای درجه دوم در درون پوسته، گوشته، و هسته تشخیص داده می شوند.

✓ گسستگی درجه دوم با تغییر ناگهانی در «آهنگ» سرعت مشخص می شود و در آن، سرعت موج افزایش یا کاهش می یابد و شیب منحنی سرعت - عمق، تغییر می کند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < چگالی درون زمین

✓ سِر اسحاق نیوتن را می‌توان پایه‌گذار ژئوفیزیک دانست.

فرمول بندی قانون گرانش توسط وی، طریقه‌ای برای تعیین جرم زمین و چگالی میانگین آن به وجود آورد.

نیوتن پیش‌بینی خود را به صورت جمله زیر بیان کرد:

“ احتمال دارد که مقدار کل مواد موجود در زمین پنج یا شش

برابر بزرگتر از وقتی باشد که زمین فقط از آب تشکیل می‌شد ”

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < چگالی درون زمین

کاوندیش از طریق اندازه گیری، ثابت ثقل چگالی میانگین زمین را با استفاده از یک ترازوی پیچشی حساس **5.48** تعیین کرد .

از آنجا که میانگین چگالی سنگهای سطحی **2.8** هست، نتیجه می‌گیریم که چگالی بخش درونی زمین باید بزرگتر از **5.5** باشد تا بتواند چگالی کل زمین را توجیه کند .

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < چگالی درون زمین

علل چگالی زیاد بخش درونی زمین

- 1- تغییر در حالت فیزیکی، که در این صورت، تراکم مواد پوسته‌ای و کوچک شدن حجم در فشار بیش از اندازه، افزایش چگالی را سبب می‌شود.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < چگالی درون زمین

علل چگالی زیاد بخش درونی زمین

■ 2- تغییر در ترکیب شیمیایی، که در این صورت

افزایش چگالی ناشی از وجود بعضی مواد ذاتاً

سنگینتر، مانند یک فلز سنگین است.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < چگالی درون زمین

✓ بولن، با به کارگیری چند فرض قابل قبول در تفسیر داده‌های لرزه‌ای، رقمهایی را برای توزیع چگالی درون زمین محاسبه کرد .

با استفاده از این نتایج، وی توزیع فشار در داخل زمین را نیز محاسبه کرد.

✓ گفته می‌شود، فشار مرکز زمین حدود 3640 کیلو بار، یا چیزی حدود 3 میلیون اتمسفر است.



## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < درجه حرارت درون زمین

■ ما از تغییر چگالی و فشار درون زمین تا حد زیادی آگاهیم، ولی تخمین دما در عمق، به پژوهشهای بیشتری نیاز دارد.

■ مشاهده‌های مستقیم در معادن و گمانه‌ها، نشان می‌دهند که دما با عمق افزایش می‌یابد، اگرچه میزان افزایش از محلی به محل دیگر تفاوت عمده دارد. این تغییر و تفاوت صفت مشخصه لایه‌های پوسته‌ای است.

## فصل سوم – ساختمان درجه حرارت درون و ترکیب زمین < زمین

■ شیبهای گرمایی سنجش شده در پوسته از 10 تا 50 درجه در هر کیلومتر تغییر می‌کنند.

■ مقدار گرمای درونی زمین که در عرض يك سال در يك سانتیمتر مربع به سطح زمین میرسد = 50 کالری = 6 مایلی متر یخ –

این امر نشان می‌دهد گرمای داخلی زمین تاثیر بسیار کمی در شرایط آب و هوایی دارد .

## فصل سوم – ساختمان درجه حرارت درون و ترکیب زمین < زمین

■ آنچه اهمیت دارد این است که میانگین جریان گرمای اقیانوسی تقریباً همسان با میانگین جریان گرمای قاره‌ای است. وقتی برای اولین بار به این موضوع اشاره شد کشف شگفت‌انگیزی بود، زیرا مقدار قابل توجهی از جریان گرمای قاره‌ها با وجود عناصر پرتوزا در پوسته قاره‌ای توضیح داده می‌شود، اما پوسته اقیانوسی نازک و کمتر پرتوزاست و نمی‌تواند بیش از 10% جریان گرمای اقیانوسی را تأمین کند.

## فصل سوم – ساختمان درجه حرارت درون و ترکیب زمین < زمین

- پشته‌های اقیانوسی، به طور میانگین جریانهای گرمای بیشتری نسبت به حوضه‌های اقیانوسی دارا هستند.
- بخش مهمی از گرمای کف اقیانوس به وسیله کانوهای همرفتی عظیم موجود در گوشته به سطح آورده می‌شوند.
- کانوهایی که در محل پشته‌های اقیانوسی در سطح ظاهر می‌شوند جریان گرمای زیادتری فراهم می‌کنند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان داخلی زمین

■ برپایه تفسیر داده‌های لرزه‌ای، زمین به پوسته، گوشته، و هسته تقسیم می‌شود.

شواهد ژئوفیزیکی، نشانه‌هایی از خواص فیزیکی مواد سازنده سه قسمت یاد شده را نشان می‌دهند.

■ پوسته، در بخش بالایی آن، مستقیماً قابل مشاهده است، و در رابطه با مشخصات اصلی آن توافق عمومی وجود دارد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان داخلی زمین

گسستگی موهور و ویچ، پوسته ناهمگن را از گوشته همگنتر جدا می‌کند و این جدا شدگی با افزایش ناگهانی سرعت‌های امواج لرزه‌ای مشخص می‌شود.

○ داده‌های ژئوفیزیکی نشان می‌دهند که گوشته ساختمانی لایه لایه دارد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان داخلی زمین

هم اکنون می‌توان شرایط فیزیکی مطابق با اعماق 400 کیلومتری یا بیشتر درون زمین را در آزمایشگاه به وجود آورد.

آزمایش‌ها نشان داده است که سه نوع سنگ ( دونیت – پریدوتیت و اکلوژیت ) دارای خواص الاستیکی مناسب برای تولید سرعت‌های موجی مشاهده شده در جبهه فوقانی هستند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان داخلی زمین

■ پیشرفت مهمی که در رابطه با منطقه گذار در گوشته روی داده، تشخیص اهمیت تغییرات چندریختی در دماها و فشارهای بالاست که نقش بارزی در گسترش دانسته‌های ما از منطقه گذار داشته است.

این نظر اساساً توسط برنال بیان شد.



## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان داخلی زمین

برنال در سال 1936 اظهار داشت که گسستگی بین گوشته بالایی و منطقه گذار از تشکیل چندریختی فشار بالای الیوین ناشی شده است.

او اشاره کرد که ترکیبی مانند  $Mg_2GeO_4$  به دو صورت می‌تواند وجود داشته باشد: یکی با ساختمان الیوین، و دیگری يك فاز مکعبی با ساختمان اسپینل که 9% متراکمتر است.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان منطقه ای زمین

■ << پوسته + جبه + هسته

■ زمین دارای هسته آهنی است.

■ گوشته نسبتاً همگن و پوسته سیلیکاتی ناهمگن است.

این تصویر از زمین گرچه می تواند لزوماً درست نباشد، ولی با داده های کنونی منطبق است. برای تکمیل این تصویر بایستی آتمسفر و هیدروسفر را نیز لحاظ کرد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ساختمان منطقه ای زمین

■ هواکره، يك پوشش گازی است که زمین را در میان می‌گیرد.

■ آب کره، قشر ناپیوسته آب است، شیرین و شور، که اقیانوسها، دریاچه‌ها و رودخانه ها را تشکیل می‌دهد.

■ زیست کره، مجموعه مواد آلی است که درون آب کره، هواکره و بر روی سطح پوسته زمین پخش شده‌اند.

## ساختمان زمین

ویژگیهای فیزیکی مهم	ویژگیهای شیمیایی مهم	نام
گاز	$N_2$ , $O_2$ , $H_2O$ , $CO_2$ و گازهای خنثی	اتمسفر
جامد و مایع، اغلب کلونیدی	$H_2O$ , مواد آلی و مواد اسکلتی	بیوسفر
مایع (بخشی جامد)	آب شور و شیرین، برف و یخ	هیدروسفر
جامد	سنگهای سیلیکاته معمولی	پوسته
جامد	ماده سیلیکاتی، به احتمال عمدتا الوین و پیروکسن یا معادل‌های فشار بالای آنها	جبه
قسمت فوقانی مایع قسمت تحتانی احتمالا جامد	آلیاژ نیکل - آهن	هسته (سیدرسفر)

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب پوسته

ترکیب میانگین پوسته ناشی از سنگهای آذرین است.  
چون مقدار کل سنگهای رسوبی و دگرگونی در مقایسه با کل  
سنگهای آذرین، بی اهمیت است، ترکیب هر سه آنها تفاوت  
زیادی ندارد.

جایی که سنگهای رسوبی موجودند روکش نسبتاً نازکی را بر  
روی پی سنگ آذرین تشکیل می دهند.

گرچه به طور محلی در کمربندهای کوهزایی ضخیم  
می شوند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب پوسته

کلارک و واشینگتن برآورد نمودند که 10 میل فوقانی پوسته شامل: 95% سنگهای آذرین و دگرگونی، 4% شیل، 0.75% ماسه سنگ و 0.25% سنگ آهک است.

ترکیب پوسته زمین در مناطق مختلف مشابهند، به شرطی که این مناطق آنقدر بزرگ باشند تا تغییرات محلی نادیده انگاشته شوند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب پوسته

مخالفت‌های بسیاری به نحوه دست‌یابی به ترکیب میانگین سنگ‌های آذرین، با استفاده از میانگین‌گیری تجزیه‌ها، شده است. از قبیل:

- 1- توزیع جغرافیایی ناهماهنگ تجزیه‌ها
- 2- توزیع غیرآماري تجزیه‌ها برای انواع سنگ‌های مختلف
- 3- ارزش‌ندادن به مقدارهای واقعی سنگ‌های تجزیه‌شده

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب کلی زمین

■ جبهه و هسته 99% وزن زمین را تشکیل می‌دهند لذا

ترکیب کلی زمین به وسیله مقادیر نسبی جبهه و هسته تعیین  
میشود.

در بیان ترکیب هسته و جبهه فرض‌هایی زیر مد نظر قرار  
می‌گیرد:



## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب کلی زمین

۱- آلیاژ آهن هسته همان ترکیب متوسط نیکل - آهن در کندریت ها است.

۲- ترکیب جبهه به علاوه پوسته مشابه همان مواد اکسیدی کندریت حد واسط است .

این فرض ها را نمیتوان به آسانی پذیرفت زیرا همه نیکل زمین در هسته وجود ندارد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب کلی زمین

چون الیومین زمینی همیشه شامل نیکل است. از طرف دیگر اینکه همه سولفور آهن در هسته است یک تخمین است زیرا به طور مشخص مقداری سولفور در پوسته و جبه موجود می باشد.

بیش از 90% زمین متشکل از چهار عنصر آهن ، اکسیژن، سیلیسیم ، و منیزیم است.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < ترکیب کلی زمین

در محاسبه ترکیب کلی زمین <

فلز =  $27/10\%$  ، تروایت =  $5/30\%$  و

سیلیکات =  $67/60\%$  است. و به ترتیب آهن ، اکسیژن ،

سیلیسیم ، و منیزیم بیشترین درصد را دارند .

در پوسته به ترتیب اکسیژن ، سیلیسیم ، آلومینیم و آهن به

ترتیب بیشترین مقدار را دارند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تفریق اولیه عناصر

- احتمالاً زمین از تجمع تدریجی خرده سیارات جامد تشکیل شده است. شخانه‌های کندریتی ممکن است بخشهایی از اجرام كوچك آسمانی باشند که از مرحله پیش از شمسی باقی مانده‌اند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تفریق اولیه عناصر

شهاب سنگهای کندریتی از سه فاز مختلف نیکل- آهن ،  
سولفور آهن و کانیهای سیلیکاته ( الیومین و پیروکسن )  
درست شده اند و عناصر به واسطه میل ترکیبی نسبی با  
فلز ، سولفور ، و سیلیکات در این فازها پخش می شوند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تفریق اولیه عناصر

توزیع عناصر در میدان ثقلی نظیر میدان ثقلی زمین نه بواسطه چگالی ها یا اوزان اتمی آنهاست بلکه بواسطه میل ازکیبی آنها با فازهای اصلی است بنابراین وضعیت های الکترونی عناصر و در نتیجه پیوند شیمیایی در این مسئله نقش دارد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تفریق اولیه عناصر

اورانیم و توریم گرچه چگالی بالایی دارند ولی شدیداً الکتروپزیتیو هستند و در پوسته به صورت اکسیدها یا سیلیکاتها متمرکز می‌شوند. از طرف دیگر طلا و پلاتین هیچ تمایلی به تشکیل اکسیدها و یا سیلیکاتها ندارند و در هسته زمین متمرکز میشوند. توزیع عناصر در داخل فازهای مذکور به پتانسیل شیمیایی بستگی دارد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < طبقه بندی ژئوشیمی عناصر

گلداشمیت اولین کسی بود که اهمیت تفریق ژئوشیمیایی اولیه عناصر را تذکر داد. او اصطلاحات سیدروفیل، کالکوفیل، لیتوفیل و اتموفیل را برای تشریح عناصری که دارای میل ترکیبی با آهن فلزی، سولفور، سیلیکات و اتمسفر هستند ابداع کرد.



## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < طبقه بندی ژئوشیمی عناصر

ویژگی ژئوشیمیایی یک عنصر عمدتاً به وسیله وضعیت الکترونی اتمهای آن کنترل می گردد، از اینرو به موقعیت سیستماتیک آن در جدول تناوبی بستگی دارد.

لیتوفیل: عناصری که به آسانی با خارجی ترین مدار 8 الکترونی، یونهایی را تشکیل می دهند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < طبقه بندی ژئوشیمی عناصر

کالکوفیل: انواع مربوط به زیرگروههای B هستند، که یونهایشان دارای 18 الکترون در مدارهای بیرونی می باشند.

سیدروفیل: انواع مربوط به گروه VIII و بعضی عناصر مجاور آن هستند، که خارجی ترین مدار الکترونهاشان اغلب به طور ناقص پر می شوند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < طبقه بندی ژئوشیمی عناصر

گداشمیت به رابطه ای مشخص بین ویژگی ژئوشیمیایی و حجم اتمی اشاره نمود.

اگر حجم اتمی عناصر در مقابل عدد اتمی آنها رسم شود، منحنی حاصله حداکثرها و حداقل هایی را نشان می دهد. تمام عناصر سیدروفیل نزدیک حداقل ها هستند.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < طبقه بندی ژئوشیمی عناصر

عناصر کالکوفیل روی بخشهایی هستند که در آنها حجم اتمی  
با

عدد اتمی افزایش می یابد.

عناصر اخیر به وسیله عناصر اتموفیل دنبال می شوند،  
درحالی که عناصر لیتوفیل نزدیک حداکثرها و روی بخشهای  
خمیده منحنی قرار دارند.

# فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تاریخچه ماقبل زمین شناسی زمین

تاریخچه ماقبل زمین شناسی ، توالی رویدادهایی است که قبل از آنکه وضع فیزیکی سطح زمین شبیه وضع کنونی بشود بر آن گذشته است.

سطحی که بخشی از آن را سنگها و بخشی را آبها تشکیل می دهند، سطحی با درجه حرارت متوسط که اساسا به وسیله تشعشع خورشیدی مشخص می گردد.

# فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تاریخچه ماقبل زمین شناسی زمین

این مآخذ برای زمان زمین شناسی مآخذ صفر است، مآخذی که به دنبال آن سطح زمین موضوع فرایندهای عادی هوازدگی و فرسایش بوده است.

تاریخچه ماقبل زمین شناسی وقتی شروع شد که زمین به عنوان جسمی منفرد در عالم به وجود آمد.

## فصل سوم – ساختمان و ترکیب زمین < تاریخچه ماقبل زمین شناسی زمین

- ما طول زمانی را که به وسیله این دوره پوشیده با هیچ درجه ای از دقت نمی دانیم .

پوسته زمین برای بیش از 3700 میلیون سال، و زمین به عنوان یک جسم سیاره ای منفرد برای بیش از 4600 میلیون سال موجود بوده است .

- گمان می رود زمین از همان ماده ای تشکیل شده باشد که خورشید و دیگر سیارات ناشی شده اند .

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال < مقدمه شیمی

اتمها و یونها دارای مقدار معینی انرژی هستند که وقتی تحت تاثیر تغییر شکل فیزیکی یا شیمیایی قرار می گیرند، تغییر می یابد. در توزیع و ترکیب مجدد عناصر شیمیایی در کانیها و سنگها، اتمها یا یونها قسمتی از انرژی خود را از دست می دهند و تسلیم سیستمهای پایدارتری می گردند.

هر سنگ، قوانین مربوط به پایداری شبکه های بلوری را به نمایش می گذارد، قوانینی که اصول کلی ساختمان ماده و ترمودینامیک را پیروی می نمایند.



## معادلات اساسي

### ترموديناميك

## فصل چهارم –

### ترموديناميك و كريستال شيمي <

اندیشه های ترمودینامیکی به آسانی به صورت معادله هایی بیان می گردند. سیستم ترمودینامیکی به وسیله خواص اساسی معینی توصیف می گردد. این خواص به دو قسمت تقسیم می شود:

(1) خواص گسترده یا ظرفیتی مانند جرم، حجم و انترپی که بستگی به مقدار ماده داخل سیستم دارد.

## معادلات اساسي

## فصل چهارم –

# ترموديناميك و كريستال < ترموديناميك شيمي

(2) خواص محدود نظير درجه حرارت، فشار، و پتانسيل شيميايي که مستقل از مقدار ماده داخل سيستم است.

- مجموع تمام انرژي که در داخل يک سيستم وجود دارد، به انرژي داخلي (E) موسوم است.

اين انرژي به شرايط سيستم بستگي دارد و نمي تواند به صورت ارزشهاي مطلق مشخص گردد.

## معادلات اساسي

### ترموديناميك

## فصل چهارم –

### ترموديناميك و كريستال شيمي

قانون اول ترموديناميك :

مبين اين موضوع است كه انرژي نه خلق مي شود و نه از بين مي رود.

قانون دوم ترموديناميك :

در هر فعل و انفعال قابل برگشت، تغيير در انتروپي ( $ds$ )

يك سيستم به گرماي ( $dq$ ) دريافت شده توسط آن سيستم

تقسيم بر حرارت مطلق ( $T$ )، اندازه گيري مي شود.

$$ds = dq/T$$

## معادلات اساسي

### ترموديناميك

## فصل چهارم –

### ترموديناميك و كريستال < شيمي

○ برای يك واکنش شیمیایی که خودبه‌خود پیش می‌رود، لازم است که کل انرژی آزاد فراورده‌ها کمتر از کل انرژی آزاد واکنش‌کننده‌ها باشد.

■ عوامل مؤثر در تغییر انرژی آزاد عبارت‌اند از:

✓ الف- ترکیب واکنش‌کننده‌ها و فراورده‌های واکنش

✓ ب- حالت انبوهش آنها

✓ ج- مقدارهای نسبی موجود

✓ د- فشار و دما

## معادلات اساسي

## فصل چهارم –

### ترموديناميك

### ترموديناميك و كريستال شيمي <

- ارزش اصلی ترموديناميك در ژئوشيمي، اين است که دسترسي کلی به مسائل پایداری، تعادل، و تغيير شيميايي را امکان پذیر می کند، و حتی با داده های کیفی، امکان پيش بينی های را، با توجه به مسیر احتمالی تمام انواع تغيير شکلها فراهم می کند.

## معادلات اساسي

### ترموديناميك

## فصل چهارم –

### ترموديناميك و كريستال شيمي <

- معادله‌های ترموديناميك، اين امکان را می‌دهند تا بتوان مقدارهای نسبی واکنش‌کننده‌ها و فراورده‌های آنها را در حالت تعادل، در هر واکنشی که انرژی‌های آزاد تمام فازهای ممکن آن در هر شرایطی شناخته شده است، محاسبه کرد.

# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## حالت های ماده

- سه حالت ماده عبارتند از جامد ، مایع و گاز .
- در بعضی شرایط مرز تغییر از یک فاز به فاز دیگر نامشخص است که با خط چین نشان داده میشود .
- صفر مطلق -- نقطه ذوب -- نقطه بحرانی -- انرژی آزاد و حالت های تعادل

# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## حالت های ماده

■ باتوجه به نظریه اتمی، حالت ماده گستره‌ای از بی‌نظمی کامل اتمی در گازها تا نظم کامل اتمی در بلورها دارد.

■ تمام مواد می‌کوشند تا با محیط خود به تعادل برسند.

برای این منظور اتمها سعی می‌کنند طوری آرایش پیدا کنند که انرژی آزاد سامانه حداقل باشد.



# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## حالت های بلوری

ویژگی آشکار بلورهایی که به گونه آزاد رشد کرده اند، شکل خارجی آنها است.

ریخت شناسی بلورها : مطالعه روابط هندسی بین بلورها می باشد << این مطالعه نشان می دهد که هر بلور می تواند به یکی از 32 رده مبتنی بر تقارن طبقه بندی گردد.

# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## حالت های بلوری

اواخر قرن 18 Hauy تصور کرد که پیچیدگی هندسی سطوح بلور یک ماده همگن می باید به وسیله ساختمان داخلی آن یعنی نظم مولکولی یا اتمی، تعیین گردد.

هنگامی که به صورت تجربی پراش اشعه X توسط بلورها نشان داد که در حالت بلوری، آرایش منظم متقارنی از اتمها وجود دارد، درستی گفته های هاوی (Hauy) اثبات گردید.

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

واحد اساسی در تمام ساختمانهای بلوری اتم میباشد. انواع اتصالات بین اتمی عبارتند از:

پیوند فلزی < metallic bonds ،

پیوند یونی یا قطبی < ionic or polar bond ،

پیوند کووالانسی یا هم آرا < covalent or coordinate link

و پیوند واندروالس < residual or van der Waals

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

## هترودسمیک =

موادى كه بیش از يك نوع پیوند دارند . در مواد هترودسمیک خواص فیزیکی مثل سختی ، مقاومت مکانیکی ، و نقطه ذوب توسط ضعیف ترین پیوند مشخص می شود.

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال < اصول ساختمان بلور شیمی

## همو دسمیک =

مواد ی که فقط یك نوع پیوند دارند. پیوند سیلیسیم و اکسیژن در سیلیس و سلیکات ها نه صرفا یونی است و نه کو والانت بلکه در طبیعت در حد واسط قرار دارد.

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

قوانین در رابطه با شعاع یون و ساختمان اتم آن  
در جدول:

- 1- عناصری که در یک گروه قرار دارند افزایش عدد اتمی باعث افزایش شعاع یونی میشود.  
(عناصر نادر از این قانون تبعیت نمی کنند)

## فصل چهارم -

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

2 - در ردیف های جدول برای یون های مثبتی که ساختمان الکتریکی مشابه دارند، شعاع یونی با افزایش بار کاهش می یابد .

3- برای یون های با ظرفیت متفاوت هرچه بار اضافه شود شعاع کاهش می یابد.

هر چه شعاع کاتیون به آنیون بیشتر شود عدد کوردینانسیون بالاتر می رود. عدد کوردینانسیون تابع در

## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

- در یک ساختمان یونی، هر یون با یونهایی که بار مخالف دارند در میان گرفته می‌شود.
- تعداد یونهایی که می‌توانند اطراف یون مرکزی جمع شوند به نسبت شعاعی بین آن دو بستگی دارد.
- ساختمان ترکیبات یونی در ابتدا با نیاز آنها به پایداری هندسی و الکتریکی تعیین می‌شود.



## فصل چهارم –

# ترمودینامیک و کریستال > اصول ساختمان بلور شیمی

■ پایداری الکتریکی به این معنی است که جمع بارهای مثبت و منفی یونها باید موازنه باشد.

پاولینگ این موضوع را بدین صورت بیان کرده است:

“ در يك ساختمان پایدار، کل مقاومت پیوندهای ظرفیتی که از کاتیونهای مجاور به يك آنیون می‌رسد، برابر بار آنیون است ”

# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## ایزومورفیسم

## ایزومورفیسم =

مواد با فرمول مشابه و کریستالوگرافی مشابه .

این اصطلاح توسط میشرلیخ در 1819 معرفی شد .

مطالعات با اشعه ایکس نشان داد که کریستالوگرافی مشابه

انعکاسی از ساختمان درونی است از این رو بعضی

مواقع از واژه‌های isostructural و یا isotopic

استفاده میشود.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < ایزومورفیسم شیمی

- هم ریختی (ایزومورفیسم) در بین کانیها پدیده‌ای رایج است و یکی از پایه‌های رده بندی آنهاست.
- گروه‌های ایزومورفی بسیار تشخيص داده شده اند، مثل گروه اسپینل - گروه گارنت - گروه آمفیبول.
- ✓ گاهی اصطلاح «هم ساختی» یا «هم تپی» نیز برای این پدیده استفاده می‌شود.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < ایزومورفیسم شیمی

■ عامل مهم در هم ریختی، عمدتاً، تشابه روابط  
اندازه‌ای یونهای مختلف است تا تشابه شیمیایی.

این موضوع بسیاری از مثالهای ظاهراً نامعمول هم ریختی  
و غیبت آن بین بسیاری از ترکیبات مشابه شیمیایی را  
توضیح می‌دهد.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < پلی مورفیسم شیمی

عناصر یا ترکیباتی که دارای یک ترکیب شیمیایی ولی ساختمان بلوری متفاوت باشند، به نام پلی مورف شناخته می شوند.

پلی مورفیسم بیانگر این است که ساختمان بلوری منحصر ا توسط ترکیب شیمیایی تعیین نمی شود.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < پلی مورفیسم شیمی

Δ برحسب این که تغییر يك چندریختی (پلی مورف) به دیگری برگشت پذیر است یا نه و اینکه تغییر در چه دما و فشار معینی رخ می‌دهد، دونوع چندریختی شناخته شده‌اند :

انانسیو تروپیسم --- مونو تروپیسم

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < جانشینی اتمی شیمی

بعد از توسعه روشهای قابل اعتماد در آنالیز کانی ها  
مشخص شد که در بسیاری از گونه ها ترکیب متغییر  
است.

جایگزینی یک عنصر به جای عنصر دیگر بیشتر یک قاعده  
است تا یک استثنا.

اولین بار که این پدیده مشاهده شد، به نام **solid solution**  
**or mixed crystal** نامیده شد.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < جانشینی اتمی شیمی

در جایگزینی اتم ها، اندازه اتم ها یا یون هاست که نقش تعیین کننده دارد. این که یون های جایگزین شوند دارای بار یا ظرفیت یکسان باشند ضروری نیست ولی خنثی شدن از لحاظ الکتریکی بایستی صورت پذیرد (مثل آلپیت و آنوریت)



# فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

## جانشینی اتمی

- به عنوان قاعده‌ای کلی، وقتی تفاوت بار یونها بزرگتر از يك باشد، حتی اگر اندازه مناسب هم داشته باشند، هیچ گونه جانشینی اتمی رخ نمی‌دهد.
- میزان وسعتی که جانشینی اتمی صورت می‌گیرد با ماهیت ساختمان، تشابه شعاعهای یونی، و دمای تشکیل ماده، تعیین می‌شود.
- ماهیت ساختمان اثر قابل توجهی بر میزان جانشینی اتمی دارد.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال شیمی

### جانشینی اتمی

- نتیجه جانشینی اتمی این است که اغلب کانیها نه تنها محتوی عناصری با ویژگیهای خاص هستند، بلکه عناصر دیگری نیز می توانند در داخل شبکه بلوری آنها جای بگیرند.

## فصل چهارم – ترمودینامیک و کریستال < جانشینی اتمی شیمی

جایگزینی اتمی با افزایش درجه حرارت اضافه می شود  
که این خود ابزاری است برای تعیین درجه حرارت  
تشکیل یک کانی . (ترموتر زمین شناسی)

واژه diadochy برای بیان توانایی عناصر مختلف  
در اشغال یک موقعیت شبکه ای در یک بلور بکار  
میرود.

(مثلا آهن، منیزیم و منگنز در ساختمان دولومیت،  
دیادوچی هستند)

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < ma> ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

ماگما ماده به وجود آورنده سنگهای آذرین می باشد.  
گدازه (lava)، ماگمای بیرون ریخته شده از منافذ  
آتشفشانی است که بدین وسیله در معرض دید ما قرار  
می گیرد.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < ma> ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

بیشتر ماگما در سطح زیرین زمین جامد شده و فقط می تواند به عنوان فراآورده پایانی، یعنی سنگ آذرین مورد مشاهده قرار گیرد، که توسط آن به ماهیت اصلی ماگما پی می بریم.

- ماگما به صورت ماده سنگی مذاب تعریف شده، ولی این تعریف کاملاً رضایت بخش نیست.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < math> < math> ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

پس از یک دوره تبلور، فرآورده پایانی نه تنها شامل سنگ آذرین است، بلکه شامل یک فاز گازی و احتمالاً یک محلول آبدار نیز می باشد.

از اینرو تاریخچه یک ماگما ممکن است طولانی و پیچیده باشد و پایان آن اغلب به آسانی تعیین نمی گردد.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و < math> < math> ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

## ویژگی های ماگما

- (1) ترکیب که عمدتاً سیلیکات است.
  - (2) درجه حرارت که داغ می باشد (500-1200 درجه C)
  - (3) تحرک، که جریان، نشانه آن است.
- اگرچه ماگما مایع است ولی تنها بخشی کمی از آن نیاز به مایع بودن دارد.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < ماگما چیست ؟ > سنگهای آذرین

سنگهای آذرین کره زمین عمدتاً متعلق به دو نمونه اند:

< گرانیت و بازالت >

دالی (Daly) پیش بینی کرد که گرانیت ها و گرانودیوریت ها

مجموعاً حداقل 95% تمام سنگ های آذرین درونی، و

بازالت ها و آندریت های پیروکسن دار، حدود 98% تمام

سنگ های آذرین بیرونی را تشکیل می دهند.



## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

مواد با ترکیب بازالتی ممکن است همان ماگمای منفرد اولیه باشد که اغلب سنگهای آذرین از آن تشکیل شده اند.

1) در تمام ازمنه زمین شناسی، ماگمای دارای این ترکیب (ترکیب بازالتی) داخل پوسته را شکافته و به صورت سیل های عظیمی روی سطح زمین جاری گشته است.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < ماگما چیست ؟ سنگهای آذرین

(2) سنگهای حوضه های بزرگ اقیانوسی تقریباً همگی بازالتی اند.

(3) کار تجربی نشان داده است که تفریق ماگمای بازالتی می تواند سنگهایی را به وجود آورد که به طور گسترده ای از نظر ترکیب کانی شناختی و شیمیایی متغییرند، و چنین تفریقی در رویدادهای طبیعی مشاهده شده است.

■ فرض یک ماگمای بازالتی اولیه به هیچ وجه دلیل این نیست که ماگماهایی با ترکیبات دیگر موجود نباشند.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و ترکیب شیمیایی ماگماها و سنگهای آذرین < سنگهای آذرین

کلارک و واشینگتن میانگین ترکیب سنگهای آذرین را محاسبه نمودند، که نتایج محاسبه آنها به صورت زیر است:

بقیه هرکدام کمتر از 30%

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و ترکیب شیمیایی ماگماها و سنگهای آذرین <sup> <sup> سنگهای آذرین

البته بایستی در نظر گرفته شود که این ارقام میانگین چندین هزار تجزیه می باشند و اهمیتی کمتر و یا زیادتر از آنچه از این بیان مستفاد می شود، ندارند. این ارقام نه ترکیب یک ماگمای اولیه را که از آن تمام سنگهای آذرین ممکن است مشتق شوند نمایش می دهد و نه ترکیب یک ماگمای ویژه را.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و ترکیب شیمیایی ماگماها و سنگهای آذرین < سنگهای آذرین

با این وجود، ارقام فوق غالب بودن عناصر زیر را مشخص می سازند :

**O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K**

یعنی اینکه ماگماها سیستم های چند ترکیبی از اینها و دیگر عناصر می باشند.

اجزاء مختلف به طور تصادفی تغییر نمی نمایند، اما وابسته به یکدیگرند.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ترکیب کانی شناختی سنگهای آذرین

ترکیب کانی شناختی یک معیار اساسی برای طبقه بندی سنگهای آذرین است.

چند صد نوع سنگ نامگذاری شده اند، ولی از این بین فقط چند تایی معمول می باشند.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین

## ترکیب کانی شناختی سنگهای آذرین

اگر چه بیش از هزار نوع کانی مختلف شناخته شده است، ولی تعداد گونه هایی که در بیش از 99% سنگهای آذرین وجود دارند، خیلی کم می باشند.

👉 نام یک سنگ بیشتر یک طبقه بندی قراردادی است تا یک نوع ترکیب ثابت.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و $\leq$ ترکیب کانی شناختی سنگهای آذرین $\leq$ سنگهای آذرین

غیر از هفت کانی یا گروه های اصلی ( کانیهای سیلیس، فلدسپارها، فلدسپاتوئیدها، الیوین، پیروکسن ها، آمفیبول ها، و میکاها ) ، فقط منیتیت ، ایلمنیت ، و آپاتیت به طور عمده یافت می شوند، و انواع بعد از آن به مقدار بسیار کم وجود دارند.



# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماهیت ماده مذاب سیلیکاتی

آنتروپی گداز (Eugster) سیلیکات ها زیاد نیست ، و بنابراین اتمها یا یون های داخل سیلیکات مذاب به وضوح دارای درجه نظم می باشد که با درجه نظم موجود در سیلیکات جامد زیاد متفاوت نیست. از اینرو ممکن است استنباط شود که ترکیب ساختمانی خوبی در مواد مذاب حفظ می گردد.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سیلیکاتی

## ماهیت ماده مذاب سیلیکاتی

از آنجایی که پیوندهای سیلیسیم – اکسیژن بسیار قوی تر از پیوندهای دیگر در ساختمان های سیلیکاتی است، منطقی است فرض شود که این پیوند ها تا اندازه ای در مایع نیز وجود دارند، یعنی آنیون های ماده مذاب عمدتاً چهار وجهی های سیلیسیم – اکسیژن پلیمر شده هستند که...

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماهیت ماده مذاب سیلیکاتی

که با اشتراک گذاشتن اکسیژن ها به شبکه های یک ، دو ، یا سه بعدی متصل می شوند، و این درست مشابه سیلیکات های بلورین، ولی قدری بی قاعده تر است.

گرانروی زیاد مواد مذاب سیلیکاتی به واسطه وجود این گروه بندی های پیچیده سیلیسیم – اکسیژن می باشد.

# بلورش در گدازهای سیلیکاتی

## فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

✓ با مطالعه بلورش گدازهای سیلیکاته مصنوعی، که

دارای ترکیب شناخته شده ای هستند، پیشرفت های بزرگی

در درک ژئوشیمی سنگهای آذرین به دست آمده است.

# بلورش در گدازهای سیلیکاتی

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

اصول تعادل ناهمگن (Heterogeneous equilibrium)

بر بلورش یک مایع تاثیر می گذارد، آنها شرایطی را بیان

می دارند که تحت آن فقط یکی از فرآورده های بلورش

ممکن، قابل انتظار است.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## بلورش در گدازهای سیلیکاتی

و این که در چه شرایطی بیشتر از یک نوع فرآورده ممکن است همزمان ظاهر شود.

البته رابطه اصلی ، قانون فاز است که می گوید:

در هر سیستم تعداد فازها  $P$  ، به علاوه تعداد درجات

آزادی ،  $F$  ، برابر با تعداد مولفه ها  $C$  ، به علاوه 2

$$P + F = C + 2 \quad \text{می باشد} \llcorner$$

## بلورش در گدازهای سیلیکاتی

## فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

قانون فاز با توجه فرآیندهای ژئوشیمیایی به طریق زیر  
توسعه یافته است:

در هر سیستم، عدد حداکثر فازها، تنها زمانی قابل نیل است  
که عدد درجات آزادی حداقل باشد.

این حالت می تواند به وسیله تثبیت هر دو عامل درجه  
حرارت و فشار تشخیص داده شود.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < بلورش (تبلور) ماگما سنگهای آذرین

مطالعه تبلور (Crystalization) مذابهای سیلیکاتی  
مصنوعی و هماهنگ کردن دستاوردهای آن با مشاهدات  
سنگ‌شناختی آذرینی، نتایج مهمی را در مورد چگونگی  
تبلور ماگمایی به دست داده است.

✓ یکی از نمونه‌های مهم در سامانه‌های سیلیکاتی، روی دادن  
مکرر ذوب نامتجانس، در زمانی است که، فاز جامدی در نتیجه  
واکنش با مایع به فازی متفاوت تبدیل می‌شود.



## فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\alpha$ بلورش ماگما سنگهای آذرین

بلورش یک ماگما به وسیله دو نوع واکنش مشخص می شود:

1. واکنش پیوسته در یک سری محلول جامد، که به وسیله آن بلورهای زود تشکیل شده بدون گسیختگی در ترکیب ، توسط واکنش با گداز تغییر می نمایند.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و < بلورش ماگما سنگهای آذرین

2. واکنش ناپیوسته ، که به وسیله آن فاز زود تشکیل شده، با گداز واکنش نموده، فاز جدیدی با ساختمان بلوری متفاوت و ترکیب متفاوت می دهد.

این مفهوم “واکنش” به عنوان پدیده اساسی بلورش ماگمایی، مربوط به بوون است و توسط وی به “اصل واکنش” توسعه داده شده است.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و <math>B</math> بلورزش ماگما سنگهای آذرین

✓ بوون نشان داد که کانیهای معمولی سنگهای آذرین  
می‌توانند در دو سری مرتب شوند:

یکی سری واکنش ناپیوسته، که کانیهای آهن منیزیم‌دار را  
شامل می‌شود و دیگری سری واکنش پیوسته فلدسپاتها.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین < ترمودینامیک بلورزش ماگما

ترمودینامیک بلورزش ماگمایی به وسیله ماهیت یونهای موجود، تمرکز آنها، درجه حرارت و فشار، و نوع شبکه های بلوری تشکیل شده ، کنترل می شود.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین

## ترمودینامیک بلورش ماگما

■ از نقطه نظر ترمودینامیک، بلورش ماگمایی به وسیله تغییرات انرژی و آنترופی درگیر در انتقال یونها از گداز و آکندگی آنها به صورت یک سبک منظم در شبکه بلور مشخص می شود.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\leq$ ترمودینامیک سنگهای آذرین $\leq$ بلورزش ماگما

گد اشمیت از مطالعات ساختمانهای بلوری، و به طور مستقل از ملاحظات انرژی، قوانین تجربی زیر را به عنوان یک راهنمای کلی، برای دوره یک عنصر در طول تشکیل مایع --> بلور در یک سیستم چند مولفه ای تنظیم نمود:

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و <math>\gamma</math> بلورهای آذرین

## ترمودینامیک <math>\alpha</math> بلورش ماگما

(1) اگر دو یون دارای شعاع و بار مساوی باشند، یون کوچکتر با سهولت بیشتری وارد شبکه بلوری مفروض خواهد شد.

(2) اگر دو یون دارای شعاعهای مشابه و بارهای مساوی باشند، یون کوچکتر با سهولت بیشتری وارد شبکه بلوری مفروض می شود.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\leq$ ترمودینامیک سنگهای آذرین $\leq$ بلورش ماگما

(3) اگر دو یون دارای شعاعهای مشابه و بار متفاوت باشند یون دارای بار بیشتر آسانتر داخل شبکه بلوری خواهد شد.

■ قوانین گلداشمیت کاربرد گسترده ای را در ژئوشیمی سنگهای آذرین دارد.



# فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\leq$ ترمودینامیک سنگهای آذرین $\leq$ بلورزش ماگما

- این قوانین اصولاً چنین بیان می دارند که کاتیونی که قویترین پیوند شیمیایی را تشکیل می دهد، ترجیحاً یک موضع شبکه ای را پر خواهد کرد.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و تبلورشن ماگما

■ تغییرات شیمیایی که بازتاب توالی تبلور کانیها از يك ماگما یا سنگهای انتخاب شده از نواحی مختلف است، به وسیله نمودارهای تغییر می‌تواند بیان شود.

نمودارهای تغییر (Variation)، نمودارهایی هستند که سازنده‌های شیمیایی خاصی را، که در برابر يك متغیر انتخابی رسم شده‌اند نشان می‌دهند.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین

### عناصر فرعی در بلورش ماگما

وقتی یک عنصر فرعی دارای بار یکسان و و شعاع یونی مشابه با عنصر اصلی است. ما از آن به عنوان “مخفی شده” در شبکه بلور واحد عنصر اصلی صحبت می کنیم.

و وقتی یک عنصر فرعی دارای شعاع یونی مشابه اما بار بیشتری نسبت به عنصر اصلی باشد (یا این که بار آن مشابه، ولی شعاعش کمتر است)، گفته می شود توسط شبکه بلوری دارای عنصر اصلی “تسخیر” می گردد.

## فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

### عناصر فرعی در بلورش ماگما

وقتی که یک کانی فرعی دارای شعاع یونی مشابه اما بار کمتری نسبت به عنصر اصلی باشد (یا اینکه بار آن مشابه، ولی شعاعش بیشتر است)، گفته می شود که به داخل شبکه بلوری دارای عنصر اصلی “پذیرفته” می گردد.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین

### عناصر فرعی در بلورش ماگما

- قوانین گلداشمیت، راهنمای مفیدی در توزیع عناصر در اثنای بلورش ماگمایی می باشند، ولی به طور جهانی ارزشمند نبوده و بدین علت مورد انتقاد قرار گرفته اند.
- به نظر می رسد علت اصلی فراگیر نبودن آن در این است که پیوند در اغلب کانیها فقط یونی نیست، در حالی که این قوانین بر یک پایه یونی بنا شده اند.

# فصل پنجم – ماگماتیسزم و سنگهای آذرین

## عناصر فرعی در بلورش ماگما

■ این موضوع به وسیله رینگوود (1955) با دقت بررسی شد؛

وی می‌گوید الکترونگاتیویته یک عنصر، یعنی میزان گرایش به تشکیل پیوندهای اشتراکی، تا حدی تأثیر مهمی دارد، که این حد، نماینده عنصر دیگری با اندازه مشابه است.

## فصل پنجم – ماگماتیسم و < > سزیم - سنگهای آذرین

سزیم بزرگترین کاتیون است و پتاسیم تنها کاتیونی است که می تواند به آسانی جایگزین آن شود.

این عنصر، بین کانیهای تشکیل دهنده سنگ، در بیوتیت نسبت به فلدسپار پتاسیم بیشتر متمرکز می شود.

زیرا موضع K در بیوتیت، به طور قابل ملاحظه ای بزرگتر از موضع K در فلدسپار است.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و <sup><</sup> محلولهای باقی مانده سنگهای آذرین و پگماتیت ها

گداز پس مانده از بلورش تفکیکی یک ماگما معمولاً مایع سیلیسی خواهد بود، که سرشار از قلیایی ها و اکسید آلومینیم است.

این گداز همچنین محتوی آب و دیگر مواد فرار، و نیز تمرکزی از آن گونه عناصر فرعی است که در شبکه کانیهای معمولی سنگهای آذرین شرکت نمی کنند.



# فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\leq$ محلولهای باقی مانده سنگهای آذرین و پگماتیت ها

پگماتیت ها معمولا در ارتباط با گرانیت ها یافت می شوند، انتظار می رود گرانیت ها محصول نهایی بلورش تفکیکی یک ماگما باشند.

پگماتیت ها به طور شاخص درشت دانه هستند، و بعضی از بزرگترین بلورهای شناخته شده، در آنها پیدا شده اند.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و $\leq$ محلولهای باقی مانده سنگهای آذرین و پگماتیت ها

بسیاری از پگماتیت‌ها، بخصوص آنهایی که در نواحی شدیداً دگرگون شده وجود دارند، ممکن است به دلیل گداز بخشی (آناکسی) سنگهای پیشین تشکیل شده باشند. اگر پگماتیت‌ها آخرین بخش يك ماگما باشند که متبلور می‌شود، پس این انتظار که اولین بخش سنگ که ذوب می‌شود (به شرط وجود مواد فرار مناسب) ترکیب پگماتیته داشته باشد، معقول است.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و > مولفه های فرار ماگما سنگهای آذرین

تمام ماگماها محتوی مواد فراری هستند که از نظر مقدار و ترکیب به خوبی شناخته نشده اند، زیرا هیچ وسیله ای که مستقیماً نمونه برداری از آنها را ایجاب نماید، اختراع نشده است.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و > مولفه های فرار ماگما سنگهای آذرین

با استفاده از داده های ترمودینامیکی ، کراسکیف ترکیبات ممکن سیستم های گازی ماگمایی را محاسبه کرده و نشان می دهد که ترکیبات گازی آتشفشانی مشاهده شده، بر پایه یک ماگمای اولیه تفسیر پذیرند، که محتوی  $H_2S, CO_2, H_2O$  و مقدار کمی  $N_2, HCl$  و  $HF$  می باشد.

## فصل پنجم – ماگماتیسزم و > مولفه های فرار ماگما سنگهای آذرین

■ مقدار ماده فرار در ماگما نیز موضوعی است که نظریات متفاوتی را سبب شده است.

■ ترکیبات فرار به طور مستقیم نمی توانند تعیین گردند.

■ روشن است که فعالیت آذرین، در طول زمان زمین

شناسی، مقادیر وسیعی آب و دیگر مواد فرار را به سطح زمین آورده است.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماگماتیسم و نهشت سنگ معدن (کانه)

شواهد زیادی موجودند که بسیاری از نهشته های معدنی از نظر زایشی وابسته به ماگماها هستند.

بعضی از این شواهد به ارتباط زمین شناسی مواد معدنی با سنگ های آذرین مثلا “ نهشته های قلع در گرانیت ها “، بستگی دارند.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماگماتیسم و نهشت سنگ معدن (کانه)

بعضی اوقات درجه بندی هایی را می توان از پگماتیت ها تا رگه های واحد کانه دنبال کرد.

به علاوه، نمونه هایی از جدایش مستقیم کانه ها از ماگماها، نیز شناخته شده اند. با این وجود، نظریات متفاوتی در مورد فرایندهایی که به موجب آنها کانه ها از منبع اصلی خود، استخراج، حمل و نهشته می شوند، وجود دارد.

## فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

### ماگماتیسم و نهشت سنگ معدن (کانه)

به نظر می رسد اکثر بزرگ نهشته های معدنی از محلول های گرمایی یا محلول های آب دار گرم تشکیل شده باشند، ولی این موضوع ، امکان این که پیدایش بعض نهشته ها ، بویژه آنهایی که به طور نزدیکی به فعالیت ماگمایی وابسته هستند ، نیز شاید به صورت انتقال فاز گازی مواد آن بوده باشد ، رفع نمی کند.



# فصل پنجم – ماگماتیسم و ماگماتیسم و نهشت سنگهای آذرین < سنگ معدن (کانه)

محلول های گرمابی ممکن است به روشهای گوناگونی مشتق شده باشند، بهتر است چنین استنتاج شود که یک محلول فرضی ممکن است سهمیه هایی از آبهای ماگمایی، آبهای دگرگونی، آبهای محبوس، و آبهای زیرزمینی داشته باشد.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماگماتیسم و نهشت سنگ معدن (کانه)

■ مطالعات ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن نشان می دهند که آبهای زیرزمینی با منشأ جوی سهم اصلی را در اغلب سیستم های تراکم و تمرکز مواد معدنی به عهده داشته و به سرعت با سنگ های اطراف تعادل برقرار می نمایند.

# فصل پنجم – ماگماتیسم و سنگهای آذرین

## ماگماتیسم و نهشت سنگ معدن (کانه)

مسئله مهم باقی مانده این است که چگونه فلزات کمپلکس (گروهه شده)، به صورت سولفور یا دیگر ترکیبات، ته‌نشست می‌شوند.

✓ سازوکارهای پیشنهاد شده، تغییرات دما و فشاری را که می‌توانند بر تعادل گروهه اثر بگذارند و انحلال‌پذیری را کاهش دهند شامل می‌شوند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < مقدمه و سنگهای رسوبی

تجزیه شیمیایی بعضی از کانیهای سنگهای رسوبی و تشکیل کانیهای جدید در ژئوشیمی رسوبگذاری اهمیت دارد و از واکنشهای کلیدی محسوب می شود. همان طور که می دانیم کانیهایی که از تبلور ماگما تشکیل می شوند به علت اینکه شرایط تشکیل آنها همراه با فشار و یا دمای زیاد است، در سطح زمین ناپایدار هستند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < مقدمه و سنگهای رسوبی

بنابر این به واسطه عواملی مانند اکسیژن، انیدرید کربنیک و آب تجزیه می‌شوند و به صورت کانیهای پایدار در می‌آیند. فرایندهای مختلفی که در این مسیر عمل می‌کنند عبارت هستند از: هوازدگی، فرسایش، حمل، رسوبگذاری و دیازن، که به صورت یک مجموعه بر رسوبات و سنگها اثر می‌گذارند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < مقدمه و سنگهای رسوبی

رسوب گذاری در مفهوم، عمل متقابل اتمسفر و هیدروسفر بر روی پوسته زمین است.

جنبه های مختلف رسوب گذاری با اصطلاحات هوازدگی، فرسایش، ته نشست، و دیاژنز شرح داده می شوند، ولی هیچ کدام از این فرایندها به طور مجزا عمل نمی کنند.

## فصل ششم – رسوب گذاری رسوب گذاری به عنوان و سنگهای رسوبی <sup><</sup> یک فرآیند شیمیایی

متشکله های اصلی پوسته، یعنی کانیهای سنگهای آذرین تا حدود زیادی در شرایط اتمسفر و هیدروسفر ناپایدارند. این کانیها در درجه حرارتهای بالا، و بعضی اوقات هم در فشارهای بالا تشکیل یافته اند، و نمی توان انتظار داشت که در شرایط بسیار متفاوت سطح زمین پایدار باشند.

## فصل ششم – رسوب گذاری رسوب گذاری به عنوان و سنگهای رسوبی <sup>۶</sup> یک فرآیند شمیایی

از کانیهای معمول سنگهای آذرین فقط کوارتز است که در مقابل فرآیندهای هوازدگی، مقاومت بالایی از خود نشان می دهد.

تمام کانیهای دیگر تمایل به تغییر دارند و به واسطه اثر اکسیژن، انیدرید کربنیک و آب، کم و بیش مورد حمله قرار می گیرند، و کانیهای جدیدی تشکیل می گردند که در شرایط جدید پایدارتر می باشند.



# فصل ششم – رسوب گذاری رسوب گذاری به عنوان و سنگهای رسوبی <sup><</sup> یک فرآیند شیمیایی

سنگ تغییر یافته تحت اثرات مکانیکی فرسایش خرد می شود و متشکله های آن توسط باد، آب یا یخ حمل شده و مجدداً به صورت رسوبات ته نشست یافته، و یا به حالت محلول باقی می مانند.

## فصل ششم – رسوب گذاری رسوب گذاری به عنوان و سنگهای رسوبی <sup><</sup> یک فرآیند شیمیایی

- واکنشهای ویژه هوازدگی ممکن است واکنشهای سازگار خوانده شوند، که در آن مواد هوازده بیرون می‌روند، یا ناسازگار، که در آن بعضی از مواد هوازده به کانیهای دیگری که نسبتاً بی‌حرکت هستند تبدیل می‌شوند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

هوازدگی و رسوب گذاری از فرایندهایی هستند که دارای بزرگترین اهمیت برای انسانها می باشند، زیرا این عوامل منبع اساسی اقتصادی یعنی “ خاک ” را برای ما به وجود می آورند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

فرهنگ و تمدن بشری می توانند به طور نزدیکی با پدیده حاصلخیزی خاک ارتباط داشته باشند.  
این امر می تواند مستقیماً تاثیر فرایندهای ژئوشیمیایی باشد که مسئول تشکیل خاک از مواد سنگ مادر بوده اند.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

از خصوصیات بی مانند خاک ، ساختمان مواد متشکله و خواص آن در داخل لایه ها است. که وابسته به سطح کنونی بوده و به طور عمودی با عمق تغییر می نمایند.

■ لایه های منفرد، ناشی از افقهای خاک هستند و ممکن

است ضخامتشان از چند اینچ تا چندین فوت باشد و مجموعاً بنام “ نیمرخ خاک “ معروف اند.

## فصل ششم – رسوب گذاری > ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

از آنجایی که خاک ، ناشی از هوازدگی سنگها است، ترکیب آن می بایستی وابسته به ترکیب سنگی باشد که از آن تشکیل یافته است.

■ اگرچه ترکیب خاکها متفاوت است، اما معمولاً در یک ناحیه فرضی یکنواخت بوده و تفاوتها عمدتاً ناشی از عوامل محیطی می باشد.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

■ یک سنگ معین ممکن است در شرایط متفاوت ،  
خاکهای متفاوتی را تشکیل دهد.

عوامل محیطی عبارتند از:

آب و هوا ، فعالیت زیستی ، توپوگرافی و زمان .

در بین اینها آب و هوا مهمترین عامل است.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

- مولفه های خاک نه تنها شامل کانیهای موجود، بلکه ماده آلی، آب و هوا نیز می باشند.
- این مولفه ها معمولاً با شرایط محیطی در تعادل نیستند، و از اینرو دایماً در حال تغییر می باشند.



## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

■ فعالترین قسمت خاک بخش کلوئیدی آن است که عمدتاً

شامل کانیهای رسی همراه با ماده آلی می باشد.

اگرچه نه همه، بلکه بیشتر ویژگیهای کشاورزی مهم خاکها

بستگی به کمیت و نوع کلوئیدهای موجود و حالت تجمع

آنها دارد.

## فصل ششم – رسوب گذاری < ژئوشیمی خاک و سنگهای رسوبی

■ خاک واقعی نمی تواند بدون وجود مقداری ماده آلی تشکیل شود.

■ هوازدگی شیمیایی و فیزیکی محض سنگها ، لزوما منتج

به تشکیل خاک نمی شود، کما اینکه عدم وجود خاکها در صحاری واقعی ، چه حاره ای و چه قطبی ، روشن است.

■ اغلب فرایندهای خاک در طبیعت، به طور مستقیم یا

غیر مستقیم بیولوژیکی هستند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## ترکیب شیمیایی سنگهای رسوبی

ترکیب شیمیایی سنگهای رسوبی به طور فوق العاده ای متغیر است و این تغییر بیشتر از سنگهای آذرین می باشد، زیرا رسوب گذاری معمولاً منجر به تغییر و تبدیل های بیشتری می گردد.

■ تعیین میانگین ترکیب شیمیایی سنگهای رسوبی کار ساده ای نیست.

# فصل ششم – رسوب گذاری

## ترکیب شیمیایی

### و سنگهای رسوبی

### سنگهای رسوبی

■ کلارک ترکیب میانگین سنگهای رسوبی معمولی مانند شیل ماسه سنگ ، و سنگ آهک را به وسیله تجزیه مخلوطی از تعداد زیادی نمونه های منفرد برآورد نمود.

با استفاده از این برآورد یعنی تعیین مقدار نسبی این سنگهای رسوبی معمولی می توان میانگینی را برای کل سنگهای رسوبی محاسبه نمود.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## ترکیب شیمیایی < سنگهای رسوبی

$\text{SiO}_2$  در متجاوز از 99% بعضی ماسه سنگها

$\text{Al}_2\text{O}_3$  تقریبا تا 70% در بوکسیت

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  تا 75% در لیمونیت

$\text{FeO}$  تا 60% در سیدریت

$\text{MgO}$  تا 20% در دولومیت

$\text{CaO}$  تا 56% در سنگ آهک خالص

# فصل ششم – رسوب گذاری

## ترکیب شیمیایی و سنگهای رسوبی

ارقام به کار برده شده توسط کلارک برای شیل ، 80%  
برای ماسه سنگ 15% و برای سنگ آهک 5% می باشد.

■ ترکیب میانگین سنگهای رسوبی بایستی تشابه نسبتا  
نزدیکی با ترکیب میانگین سنگهای آذرین داشته باشد، زیرا  
تمام سنگهای رسوبی نهایتا به وسیله فرایندهای فرسایش  
از سنگهای آذرین مشتق می شوند.

# فصل ششم – رسوب گذاری

## ترکیب شیمیایی و سنگهای رسوبی

### سنگهای رسوبی <

ویژگی های مهم ترکیب شیمیایی سنگ های رسوبی :

تفوق پتاسیم برسدیم ، و آلومین به نسبت مولی بیش از 1:1

به قلیایی ها و کلسیم ، سیلیس زیاد در سنگهای ماسه ای و

چرتی ، آهک زیاد و منیزیم در کربناتها ، و وجود آهن

عمدتا به حالت فریک.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## ترکیب کانی شناسی سنگهای رسوبی

کانی شناسی سنگ های رسوبی توسط دو نوع مواد متفاوت مشخص می شود:

کانیهای مقاوم، که نتیجه تجزیه مکانیکی سنگ های مادر هستند.

کانیهای جدید تشکیل، که از فرآورده های تجزیه شیمیایی می باشند.



# فصل ششم – رسوب گذاری

## ترکیب کانی شناسی

### و سنگهای رسوبی

کانیهای جدید تشکیل معمولاً ترکیبات هیدراته هستند و انتظار می رود از موادی باشند که در یک محیط غنی از آب تشکیل شده باشند.

■ گلدیش خاطر نشان ساخت که ترتیب پایداری کانیهای سنگهای آذرین نسبت به هوازدگی ، عکس ترتیب آنها در واکنش سری بون است :

ترکیب کانی شناسی

فصل ششم – رسوب گذاری

سنگهای رسوبی

و سنگهای رسوبی

کاهش پایداری



Quartz

Muscovite

Potash feldspar

Biotite

Alkalic plagioclase

Alkali-calcic plagioclase

Calcic-alkalic plagioclase

Calcic plagioclase

Hornblende

Augite

Olivine

# فصل ششم – رسوب گذاری

## ترکیب کانی شناسی

### و سنگهای رسوبی

### سنگهای رسوبی

■ تعداد کل کانیهای ثبت شده در سنگهای رسوبی بسیار است، زیرا تقریباً هر کانی با خاستگاه آذرینی یا دگرگونی، ممکن است حداقل حضوری زودگذر در يك رسوب داشته باشد. با این حال، کانیهای رایج و فراوان سنگهای رسوبی کم هستند: کوارتز، فلدسپات، کلسیت، دولومیت، و کانیهای رسی.

## عوامل

### فیزیوشیمیایی در

### رسوب گذاری

فصل ششم – رسوب گذاری

و سنگهای رسوبی

ژئوشیمی فرایندهای رسوبی ، اساسا عبارت از ژئوشیمی واکنشهایی است که در حضور آب اتفاق می افتند.

■ آب به عنوان یک حلال نظیر ندارد.

■ آب یک مولکول دوقطبی است.

■ آب نسبت به یک مایع با وزن مولکولی پایین، دارای

نقاط ذوب و جوش فوق العاده زیادی است.

## عوامل

### فیزیوشیمیایی در

### رسوب گذاری

فصل ششم – رسوب گذاری

و سنگهای رسوبی

■ يك جلوه مهم ماهیت دو قطبی مولکولهای آب آن است که

ثابت دی الکتریک بالای نابهنجار 80 به آن می دهد. ثابت

دی الکتریک بالا، فعالیت آن را به صورت يك حلال

ترکیبات یونی سبب می شود، زیرا نیروی ربایش بین یونها

با ثابت دی الکتریک محیط نسبت عکس دارد و انحلال

ترکیبات یونی اساساً پراکندگی یونها به وسیله مولکولهای

حلال است .

## فصل ششم – رسوب گذاری < پتانسیل یونی و سنگهای رسوبی

■ یونها در حالت محلول، مولکول های آب را به خود جذب می کنند.

■ کاتیونها طرفهای منفی مولکول های دوقطبی آب را جذب می نمایند و آنیونها طرفهای مثبت را.

■ تعداد مولکول های آبی که می تواند به این طریق اطراف یک یون فرضی متراکم شود، بستگی به اندازه یون دارد.

هرچه یون بزرگتر، تعداد مولکول های آبی اطراف آن بیشتر

## فصل ششم – رسوب گذاری < پتانسیل یونی و سنگهای رسوبی

- اهمیت پتانسیل یونی در فرایندهای رسوبی اولین بار به وسیله گلد اشمیت بیان گردید.
- پتانسیل یونی اندازه ای از الکترونگاتیویته است؛ هرچه شعاع یک یون مثبت کوچکتر و بار آن بزرگتر، اکسید آن یون اسیدی تر است، و برعکس.
- از نقطه نظر الکترواستاتیکی، پتانسیل یونی عبارت از درجه شدت بار مثبت روی سطح یون است.

## فصل ششم – رسوب گذاری < پتانسیل یونی و سنگهای رسوبی

- پتانسیل یونی يك عنصر، محل ته نشینی آن را در طی تشکیل سنگهای رسوبی تعیین می‌کند، و در تمام فرایندهای کانی ساز در محیط آبی اهمیت دارد.
- پتانسیل یونی، توضیحی برای رفتار مشابه عناصر نامشابه فراهم می‌کند.



## فصل ششم – رسوب گذاری < غلظت یون هیدروژن و سنگهای رسوبی

غلظت یون هیدروژن آبهای طبیعی در واکنشهای شیمیایی  
ای که همراه فرایندهای رسوبی هستند، از اهمیت بسیاری  
برخوردار می باشد.

■ جهت اندازه گیری عکس غلظت یون هیدروژن، اصطلاح

PH را به کار می برند که عبارت است از لگاریتم منفی  
این عامل. PH آب خالص 7 است.

## فصل ششم – رسوب گذاری < غلظت یون هیدروژن و سنگهای رسوبی

■ در آب خالص، در حرارت 25 درجه سانتیگراد، غلظت یون هیدروژن  $10^{-7}$  مول در لیتر است.

اگر این غلظت بیشتر از غلظت آب خالص در همان درجه حرارت باشد، گفته می شود محلول اسیدی است، و در حالت عکس، قلیایی.

## فصل ششم – رسوب گذاری < غلظت یون هیدروژن و سنگهای رسوبی

- محلولهای اسیدی ضعیف حاوی آهن، که از زمینهای اطراف به سمت دریا جاری میشوند، باید بیشتر آهن خود را در آبهای قلیایی ضعیف دریا ته نشین کنند. این موضوع با ارقام واقعی که نشان میدهند مقدار میانگین آهن در آبهای رودخانه حدود 1 ppm است، مشخص میشود، در حالی که در آب دریا، این مقدار بسیار کم و در حدود 0.008 ppm است.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

### پتانسیل اکسیداسیون

پایداری یک عنصر در یک حالت اکسیداسیون ویژه، بستگی به تغییر انرژی درگیر در افزایش یا انتقال الکترون ها دارد.

اندازه گیری کمی این تغییر انرژی به وسیله عاملی فراهم می گردد که به نامهای متفاوتی از جمله “ پتانسیل اکسیداسیون – احیاء ” یا “ پتانسیل اکسیداسیون ” و یا “ پتانسیل دوکس ” معروف اند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## پتانسیل اکسیداسیون

بسیاری عناصر در حالت های اکسیداسیون متفاوتی در پوسته زمین وجود دارند.

معمول ترین آنها آهن است که به صورت فلز طبیعی (حالت اکسیداسیون صفر) ، به صورت ترکیبات فرو و به صورت ترکیبات فریک ظاهر می شود.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

### پتانسیل اکسیداسیون

پتانسیل های اکسیداسیون و PH از عوامل موثر اساسی هستند که ماهیت بسیاری از فراورده های رسوبی را تعیین می کنند.

■ کرومبین و گارلس یک نمودار ابتکاری به ارث گذاشته اند که روابط بین این عوامل و مواد زمین شناسی را که این عوامل بر روی آنها اثر می گذارند، روشن می سازد.

فصل ششم – رسوب گذاری

و سنگهای رسوبی

پتانسیل

اکسیداسیون

در این نمودار آنها مفهوم “حصار ژئوشیمیایی” را بسط می دهند؛ مرزی که با حضور یک کانی یا ماده مخصوص در یک طرف و غیبت آن در طرف دیگر، به وسیله واکنش شیمیایی معینی مشخص می گردد.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## پتانسیل اکسیداسیون

■ یک حصار ژئوشیمیایی خاص ممکن است یک ارزش pH ویژه یا یک پتانسیل اکسیداسیون ویژه یا ترکیبی از هر دو عامل را نمایش دهد.

بسیاری از حصارهای ژئوشیمیایی می توانند توضیح داده شوند، ولی کرومبین و گارلس نشان داده اند که مفیدترین آنها با توجه فرایندهای رسوبی، حصار خنثی در  $\text{pH}=7$  می باشد.



# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

حالت های کلوئیدی یکی از زیر تقسیم های (بخش های فرعی) رسوبات ظریف است، که اندازه این رسوبات ظریف تقریباً از  $10^{-3}$  تا  $10^{-6}$  میلیمتر می باشد.

محلول های کلوئیدی از یک طرف به محلول های واقعی و از طرف دیگر به ذرات معلق بدون هرگونه خط جدایشی، درجه بندی می شوند.

فصل ششم – رسوب گذاری

## کلوئیدها و فرآیندهای رسوبی

انواع مختلفی از سیستم های انتشاری یا کلوئیدی جامد-گاز (دوده ها)، مایع-گاز (مه ها)، مایع-مایع (امولسیون ها) موجود می باشند،

ولی نوع مهم آن در فرایندهای رسوبی سیستم جامد-مایع (سل ها، ژلها، و خمیرها) است، که در آن مایع مربوطه آب می باشد.

## فصل ششم – رسوب گذاری

# کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

## و سنگهای رسوبی

■ سل ها سامانه‌هایی هستند که از نظر خواص فیزیکی مشابه مایعات هستند؛ از این رو، به آسانی جاری می‌شوند، و سختی نشان نمی‌دهند.

از طرف دیگر، ژلها، مقداری سختی نشان می‌دهند.

■ خمیرها، سامانه‌هایی هستند که در آنها، اگرچه بخش جامد به شکل ذره‌های جداست، ولی تمرکز این ذره‌ها آنقدر افزایش یافته است، که کل سامانه را تشکیل می‌دهد.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

سل ها در آب به دو دسته تقسیم می شوند:

### هیدروفیلیک و هیدروفوبیک

در نوع اول، ربایش شدیدی بین ذره ها و مولکولهای آب وجود دارد، که به محلول کلوئیدی پایداری می دهد. در نوع دوم، چنین ربایشی بین ذره ها و مولکولهای آب وجود ندارد، از این رو، اینها کمتر از سلهای هیدروفیلیک پایدار هستند و آسانتر ته نشین می شوند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

■ سیلیس يك نمونه از ماده‌ای است که سل هیدروفیلیک را تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر هیدروکسید آلومینیم يك سل هیدروفوبیک تشکیل می‌دهد.

■ ذره‌های کلوئیدی بار الکتریکی دارند. این بار ممکن است به دو روش تولید شود: یا توسط جذب یونها از مایع، یا به وسیله یونیزاسیون مستقیم مواد سازنده.

فصل ششم – رسوب گذاری

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

و سنگهای رسوبی

■ ذره‌های کلوئیدی ممکن است بلورین یا بی‌شکل باشند.

اغلب کلوئیدهای غیرآلی بلورین هستند. این حقیقت، از

بررسی کلوئیدها توسط پراش پرتو اشعه  $X$ ، ثابت شده

است.

فصل ششم – رسوب گذاری

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

و سنگهای رسوبی

- کلوئیدها ممکن است به دو روش تولید شوند، یا ذره‌های درشت‌تر به ابعاد کلوئیدی شکسته می‌شوند، یا ذره‌های کوچکتر (مولکولها یا یونها) انبوهه می‌شوند و ذره‌هایی با اندازه کلوئیدی را به وجود می‌آورند.
- اغلب کلوئیدهای تشکیل شده در طبیعت احتمالاً از روش دوم سرچشمه می‌گیرند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

- حالت کلوییدی همیشه يك حالت نیمه پایدار است.
- افزایش در اندازه ذره‌ها منجر به کاهش مساحت سطحی کل، و در نتیجه کاهش انرژی آزاد سامانه می‌شود؛
- بنابراین تمام کلوییدها، به طور نظری، اگرچه برای مدت طولانی بدون تغییر باقی می‌مانند، ولی ناپایدارند.



# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

- سیلیس به این دلیل که فراوانترین ماده در پوسته زمین است و به آسانی به محلول کلوئیدی وارد می‌شود، نقش کلوئیدی آن در فرآیندهای رسوبی، موضوع بررسیهای بسیار مهمی بوده است. بیشتر نوشته‌های زمین‌شناسی در رابطه با حمل و ته‌نشست سیلیس حل شده، درباره حالت کلوئیدی آن، اساساً هم عقیده هستند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

■ يك خاصیت مهم ذره‌های کلوییدی، توانایی آنها در چسبیدن و تمرکز دادن به مواد معین از طریق جذب سطحی است.

■ دو نوع جذب سطحی تشخیص داده شده است:

الف- جذب سطحی فیزیکی یا واندروالس < در حرارت‌های پایین

ب- جذب شیمیایی < در حرارت‌های زیاد

✓ هر دو نوع ممکن است با یکدیگر عمل کنند.

فصل ششم – رسوب گذاری

## کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

و سنگهای رسوبی

برخی اصول حاکم بر جذب سطحی ممکن است به صورت زیر بیان شوند:

■ 1- مقدار جذب سطحی، با کاهش اندازه دانه ماده جذب کننده افزایش می یابد، و در نتیجه، مساحت سطحی آن زیاد می شود.

■ 2- جذب سطحی وقتی مناسب است که ماده جذب شده و جذب کننده ترکیبی با انحلال پذیری کم تشکیل بدهند.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

### کلوئیدها و فرآیندهای کلوئیدی

■ 3- مقدار ماده‌ای که از محلول جذب می‌شود، با غلظت آن در محلول افزایش می‌یابد.

■ 4- جذب سطحی یونهای شدیداً باردار آسانتر از یونهای است که بار کمتری دارند.

بسیاری از یونها ممکن است از طریق فرایندهای جذب سطحی، از آبهای طبیعی بیرون روند.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی < فرآورده های رسوب گذاری

فرایندهای رسوبی مایل به تولید مخلوطی میانگینی از مولفه های منفرد موجود در مواد اولیه هستند، و از اینرو بر ضد تفریق شیمیایی کار می کنند.

هوازدگی، فرسایش، و رسوب گذاری معمولاً منجر به تفکیک مشخص عناصر اصلی می گردند.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## فراورده های رسوب گذاری

طبق گفته گلد اشمیت، چرخه ماده در سطح زمین می تواند مشابه تجزیه شیمیایی و یا تجزیه کمی در آن سطح باشد. تفریق شیمیایی ای نتیجه می شود قابل ملاحظه است. حال به گامهای این فرایند تفکیک ژئوشیمیایی نگاهی مختصر می اندازیم.

# فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

## فراورده های رسوب گذاری

- 1- کانیهای که مخصوصا در مقابل تجزیه شیمیایی و مکانیکی مقاوم اند به صورت مواد دانه ای جمع می شوند. از بین اینها معمولترینشان کوارتز است.
- 2- تجمع فراورده هایی که از تجزیه شیمیایی آلومینوسیلیکات ها به دست می آیند ، گلی را می دهند که اساسا شامل کانیهای رسی می باشد.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی < فرآورده های رسوب گذاری

3- همراه با تشکیل نهشته های رسی، ولی غالباً جدا شده در فضا و زمان ، آهن به صورت هیدروکسید فریک ته نشست می کند.

4- کلسیم، یا از طریق فرایندهای غیرآلی خالص، یا در نتیجه عمل سازواره‌ها، به صورت کربنات کلسیم ته نشین می‌شود.



## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی < فرآورده های رسوب گذاری

5- بازهایی که به صورت محلول باقی میمانند و در اقیانوس گردآوری می‌شوند، مقداری در نتیجه تبخیر بیرون می‌روند و نهشته نمکی را به وجود می‌آورند.

. مهمترین این بازها، سدیم است، ولی مقدارهای کمتری پتاسیم و منیزیم نیز در آب دریا انباشته می‌شوند .

# فصل ششم – رسوب گذاری

## و سنگهای رسوبی

### فراورده های رسوب گذاری

گامهای فرایند تفکیک ژئوشیمیایی

- ❖ تجمع دانه های مقاوم
- ❖ تجمع مواد خاص از تجزیه شیمیایی آلومینو سیلیکات ها
- ❖ اکسید شده ها
- ❖ ته نشینی کربنات کلسیم
- ❖ رسوبات نمکی

گلدشمیت رده دیگری، به نام احیا شده ها تشخیص داد، که زغال سنگ، نفت، سولفورهای رسوبی و گوگرد رسوبی را در بر می گیرد.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی

### فراورده های رسوب گذاری

■ مقاومها گروه مهمی از ماسه ها و ماسه سنگها را تشکیل می دهند. کوارتز معمولترین و فراوانترین کانیهاست، و ماسه ها و ماسه سنگها منابع اصلی سیلیس برای استفاده های صنعتی هستند.

■ قسمت زیادی از رسوبات تجزیه شده شامل کانیهای رسی می باشند.

✓ بسیاری عناصر، به ویژه آنها که در گروههای III و IV جدول تناوبی هستند، انتظار می رود در رسوبات هیدرولیزات ته نشین شوند.

# فصل ششم – رسوب گذاری

## و سنگهای رسوبی

### فراورده های رسوب گذاری

- مهمترین رسوبات هیدرولیزات از دیدگاه ژئوشیمیایی شیل‌های قیری سیاه و بوکسیتها هستند، که هر دو آنها در شرایط نسبتاً ویژه‌ای تولید می‌شوند.
- از مهمترین اکسید شده‌ها، هیدروکسید فریک می‌باشد، که اگر خالص باشد، یک کانه آهن رسوبی به وجود می‌آورد.
- اغلب نهشته‌های تبخیری کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و کلرورسدیم دارند.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی < مقدار کل رسوب گذاری

مقدار کل رسوب گذاری در طول زمان زمین شناسی، رقمی است که از نظر ژئوشیمی کمی اهمیت زیادی دارد، و برای محاسبه آن، کوششهایی شده است. چنین محاسباتی معمولاً بر پایه داده های مربوط به مقدار و ترکیب آب اقیانوس و میانگین ترکیب سنگهای آذرین و رسوبی قرار دارد.

## فصل ششم – رسوب گذاری و سنگهای رسوبی < مقدار کل رسوب گذاری

اگر فرض کنیم که مقدار کل سدیم آب دریا از هوازدگی و فرسایش سنگهای آذرین ناشی شده است، این مقدار متناسب با مقدار کل رسوبات خواهد بود.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

مطالعه ایزوتوپهای بعضی از عناصر شیمیایی برای بررسی اهداف ژئوشیمی که در تعریف آن ارائه شد، نقش اساسی و مهمی دارند. فراوانی ایزوتوپهای یک عنصر، به علت واکنشهای مختلف ژئوشیمیایی متغیر است. سنجش این تغییرات می‌تواند نتایج روشنی در ارتباط با نقش و اثر واکنشهای ژئوشیمیایی به دست دهد.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

برای پژوهشهای ایزوتوپی باید عناصری انتخاب شوند که حداقل دو ایزوتوپ داشته باشند و فراوانی ایزوتوپی آنها نیز قابل سنجش باشد تا بتوان به نتایج قابل قبولی برای استفاده از این ایزوتوپها دست یافت. در این فصل به بررسی ایزوتوپهای بعضی از عناصر و تجزیه پرتوزایی آنها و همچنین تعیین سن توسط ایزوتوپ کربن می‌پردازیم.



## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

تغییرات ایزوتوپی را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد:

- الف- تغییراتی که در نتیجه واپاشی پرتوزایی هسته‌های ناپایدار ایجاد می‌شوند و تغییراتی را در ترکیب فرآورده‌های پایدار عناصر حاصل از این تلاشی (عناصر دختر) سبب می‌شوند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

■ ب- آنهایی که به دلیل تغییر در ایزوتوپهای غیر پرتوزاد، اغلب به وسیله واکنشهای مبادله‌ای، واکنشهای جنبشی در سامانه‌های زیستی یا فرایندهای فیزیکوشیمیایی مانند تبخیر یا انتشار، تولید می‌شوند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

ایزوتوپهای (رادیوژنیکی) پرتوزادی که بیشتر مطالعه شده‌اند عبارت‌اند از: آرگون، استرانسیم، سرب، و نئودیمیم. این عناصر ممکن است، به واسطه زمان طولانی واپاشی نوکلیدهای پرتوزاد مادر، و نیز تمرکزهای اصلی نوکلیدهای مادر و دختر تغییرات مهمی را نشان دهند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < مقدمه ایزوتوپ ها

■ ایزوتوپهای استرانسیم، ردیابهای مفیدی هستند که مشخص می‌کنند ماگمایی که يك سنگ آذرین را تشکیل می‌دهد از پوسته سرچشمه گرفته است یا از جبهه.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های پایدار ایزوتوپ ها

همان طور که گفته شد، تغییرات غیر پرتوزاد فراوانیهای نسبی ایزوتوپی تعدادی از عناصر در طبیعت شناخته شده‌اند.

برای عناصر H ، C ، O و S تفاوت‌های مشاهده شده از نظر زمین شناختی، مهم هستند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های اکسیژن ایزوتوپ ها

اکسیژن فراوانترین عنصر در پوسته زمین است، و از این رو بسیاری از سامانه‌های حاوی اکسیژن برای مطالعه وجود دارند.

سنجش‌های طیف نگاری جرمی اغلب بر روی اکسیژن  $CO_2$  انجام می‌شود.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های گوگرد

### ایزوتوپ ها

یکی از موفقترین کاربردهای ایزوتوپهای گوگرد در نشان دادن این موضوع بوده است که گوگرد طبیعی در گنبد های نمکی لویزیانا و تگزاس، در نتیجه احیای باکتریایی سولفات موجود در پوش سنگهای انیدریت یا ژیپس به وجود آمده است.

این گنبد های نمکی به وسیله انیدریتی پوشیده شده اند که ظاهراً در يك دریاى درون بومی ته نشین شده است.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های کربن ایزوتوپ ها

کربن همانند گوگرد، تفاوت‌های ایزوتوپی بسیاری را در نمونه‌های ژئوشیمیایی نشان می‌دهد. این تفاوتها ممکن است، به عمل سازوآره‌ها همراه با تفکیک ایزوتوپی ایجاد شده در نتیجه جلوه‌های جنبشی، و نیز به توانایی کربن برای وجود داشتن در تعداد زیادی از ترکیبات در سامانه‌های طبیعی، نسبت داده شود.



## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های کربن ایزوتوپ ها

شهاب سنگها، تغییرات بزرگی را در ایزوتوپ کربن  
نمایش می دهند. به نظر می رسد این امر به واسطه  
حضور چندین فاز کربن در انواع مختلف شخانه ها باشد.  
این فازهای کربناتی موجود در کندریت های کربن دار،  
مقدار  $d^{13}C$  نزدیک به  $+60$  در هزار می باشد.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ایزوتوپ های هیدروژن ایزوتوپ ها

چون تفاوت جرمی نسبی بین دو ایزوتوپ پایدار هیدروژن  $^1\text{H}$  و  $^2\text{H}$  (دوتریم، D)، بزرگتر از هر زوج ایزوتوپی دیگر است، هیدروژن، بزرگترین تفکیک ایزوتوپی را نشان می‌دهد.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < دیگر ایزوتوپ ها ایزوتوپ ها

■ پژوهشهای ایزوتوپی H ، C ، O و S نشان داده‌اند که اینها مفیدترین عناصر برای بیان سامانه‌های ژئوشیمیایی هستند.

مطالعه دیگر عناصر با موفقیت کمتری همراه بوده است.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ژئوکرونولوژی ایزوتوپ ها

یکی از کاربردهای جالب و گسترده بررسیهای طیف نگاری جرمی، تعیین سن مطلق رویدادهای زمین‌شناختی است. برای استفاده از بررسیهای ایزوتوپی در هدفهای زمان سنجی زمین‌شناختی، باید فراورده‌های پرتوزاد دختر حاصل از نوکلیدهای پرتوزا و غلظت نوکلیدهای پرتوزای مادر به دقت بررسی شوند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < ژئوکرونولوژی ایزوتوپ ها

چنین سامانه‌هایی به نام ساعت‌های انباشتگی معروف‌اند.  
علاوه بر این، بررسی مستقیم واپاشی نوکلیدهای  
پرتوزای کوتاه عمر، به ویژه  $^{14}\text{C}$ ، امکان‌پذیر بوده  
است.

این روشها بررسی ساعت‌های واپاشی (تباهی یا تجزیه)  
نامیده می‌شوند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < تجزیه رادیواکتیویته ایزوتوپ ها

واپاشی پرتوزا به روشهای بی شماری رخ می دهد.  
در سامانه هایی که معمولاً برای زمان سنجی زمین  
شناسی استفاده می شوند، ایزوتوپهای اورانیم و توریم از  
طریق يك سری واپاشیهای  $a$  و  $b$  ، تا زمانی که به  
ایزوتوپهای پایدار سرب تغییر یابند، از هم می پاشند.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < تجزیه رادیواکتیویته ایزوتوپ ها

مفید بودن واپاشی پرتوزا برای عمریابی رویدادهای قدیمی، بر این انگاره بنا شده که آهنگ واپاشی ثابت است و به زمان، حالت شیمیایی، دما، فشار یا دیگر عوامل محیطی ایزوتوپ پرتوزای مادر، بستگی ندارد.

# فصل هفتم – ژئوشیمی ایزوتوپ ها < اورانیم-توریم-سرب روشهای

سامانه اورانیم - توریم - سرب یکی از قدیمی ترین  
ساعت‌های انباشتگی به کار گرفته شده در زمان سنجی  
زمین شناسی است.

اورانیم و توریم در کانیهای سرشار از اورانیم، و اغلب  
در نهشته‌های پگماتیتی متمرکز می‌شوند .



## فصل هفتم – ژئوشیمی < سیستم پتاسیم-آرگون ایزوتوپ ها

واپاشی  $^{40}\text{K}$  به  $^{40}\text{Ar}$  یکی از پر استفاده ترین واکنشها برای تعیین سن زمین شناسی است.

این روش به ویژه در تعیین سن سنگهایی با عمر چند صد هزار سال که تعیین سن آنها به وسیله فنون دیگر مشکل است، و نیز نمونه های قدیمتر، مفید است.

## فصل هفتم – ژئوشیمی < روش رویدیدیم-استرانسیم ایزوتوپ ها

تجزیه  $^{87}\text{Rb}$  به  $^{87}\text{Sr}$ ، با نیمه عمر طولانی، به ویژه برای عمریابی رویدادهای نسبتاً قدیمی زمین شناسی مفید است. اگرچه Rb عنصر فراوانی نیست، ولی در کانیهای سرشار از پتاسیم متمرکز می شود.

این روش در کانیها و سنگهایی که مقدار زیادی پتاسیم دارند، استفاده می شود .

## فصل هفتم – ژئوشیمی < تاریخ گذاری کربن ایزوتوپ ها

روش کربن -14 که برای عمریابی وقایع زمین شناختی نسبتاً جدید به کار می رود بیشتر يك ساعت واپاشی است تا يك ساعت انباشتگی.

برخلاف ایزوتوپهای پرتوزای U ، Th ، K و Rb که از نقطه آغازین عناصر، باقی بوده اند، کربن -14 پیوسته با نوترون گیری توسط ازت -14 در هواکره بالایی تولید می شده است .

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < مقدمه

دگرگونی ممکن است به عنوان مجموعه ای از فرایندها، که در زیر منطقه هوازده فعال اند، و موجب بلورش مجدد مواد سنگ می گردند، تعریف شود.

در اثنای دگرگونی، سنگها اصولاً جامد باقی می مانند. اگر ذوب مجدد رخ دهد، ماگما تولید شده و دگرگونی به ماگماتیسم گذر می کند.

## مقدمه

# فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

دگرگونی در سنگ های جامد، در نتیجه تغییرات مکرر در درجه حرارت، فشار، و محیط شیمیایی، اعمال می گردد. این تغییرات در پایداری فیزیکی و شیمیایی یک مجموعه کانی تاثیر می گذارد، و دگرگونی از کوششی که برای برقراری یک تعادل جدید انجام می شود نتیجه می گردد.

## مقدمه

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

پیدایش دگرگونی نمی تواند بر حسب یک درجه حرارت و فشار ثابت تعریف گردد و بستگی به ترکیب کانی شناختی و فابریک سنگ نیز دارد.

سه عامل حرارت، فشار، و سیال های فعال از نظر شیمیایی نیروهای پیش برنده در دگرگونی می باشند.

# فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

ترکیب شیمیایی کلی سنگهای دگرگونی به طور فوق العاده ای متغیر است.

این ترکیب ممکن است معادل ترکیب نوعی از سنگهای آذرین و رسوبی باشد، و امکان دارد جانشینی، ترکیب متفاوتی از اینها را به وجود آورد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

تعیین ماهیت سنگ منشا از ترکیب شیمیایی مربوطه ، حتی بعد از اینکه تماما تجدید بلورش حاصل نموده و ساختمان اولیه کاملا از بین رفته باشد، اغلب امکان پذیر است. بعضی از معیارهای شیمیایی که ممکن است برای تعیین منشاء رسوبی اصلی سنگهای دگرگونی به کار برده شوند، عبارتند از:



## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

الف- افزونی آلومین، که وقتی حد وسط محاسبه شود، به صورت C ظاهر خواهد شد.

(اگر C از 5% تجاوز نماید، منشاء رسوبی ممکن است مورد تردید قرار گیرد، و اگر C بزرگتر از 10% باشد، منشاء رسوبی قطعی است.)

# فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

ب-  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$  با  $\text{MgO} > \text{CaO}$  ترکیب می شود.

(این ترکیب از مشخصات سنگهای رسی، بویژه آنهایی

است که شامل مقادیر قابل ملاحظه ای ایلیت و مونت

مورینیت هستند.)

## ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

ج- مقدار بسیار زیادی از  $\text{SiO}_2$

(مثلا بیشتر از 80% ، یا بیشتر از 50% Q در حد وسط) ،

مبین این است که سنگ اساسا یک ماسه سنگ یا چرت بوده  
است.

# فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

ترکیب شیمیایی کلی یک سنگ ممکن است در اثنای دگرگونی ثابت باقی بماند (دگرگونی ایزوشیمیایی)، یا ممکن است به واسطه ادخال و یا انتقال مواد (دگرگونی آلوژییمیایی) تغییر نمایند.

# فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی

نیروی پیش برنده اصلی در دگرگونی، اضافه نمودن گرما جهت ایجاد انرژی فعال سازی برای تشکیل فازهای جدید کانی، رشد دانه های کوچک به اندازه های بزرگتر، یا وقوع تحول چند شکلی می باشد.

# کانی شناختی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

از آنجایی که ترکیب شیمیایی سنگهای دگرگونی بسیار متفاوت است، انتظار می رود که کانی شناختی آنها نیز به طور مشابهی متفاوت باشد.

سنگهای دگرگونی در حوزه وسیعی از درجه حرارتها و فشارها تشکیل می شوند.

# کانی شناختی سنگ‌های دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

حتی اگر هیچ تغییری در ترکیب کلی رخ ندهد، یک  
مجموعه کانی ( $P, T$ ) ممکن است به وسیله مجموعه  
کاملاً متفاوتی در شرایط دیگر ( $P, T$ ) جانشین گردد.

# کانی شناختی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

مهم اینست که کانی شناختی سنگهای دگرگونی زیاد پیچیده  
نیست، و این عمدتاً به واسطه پایداری بعضی کانیهای  
معمولی در محدوده های قابل ملاحظه ای از ترکیب کلی  
و شرایط فیزیکی است.



# کانی شناختی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ سیلیکات های مشخص سنگهای دگرگونی ، اینوسیلیکات ها و فیلوسیلیکات ها هستند. این موضوع تصادفی نیست. اینها کانیهایی هستند با چگالی نسبتا بالا که تشکیل شدن آنها با افزایش فشار همراه است.

# کانی شناختی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ ساختمان این کانیها معمولا جانشینی اتمی قابل توجهی را تحمل می کنند، و از اینرو امکان دارد در تغییر ترکیب کلی سنگها تشکیل گردند.

■ محاسبه ترکیب کانی شناختی کمی یک سنگ دگرگونی از تجزیه شیمیایی آن ، روش بسیار پیچیده تری نسبت به محاسبه آن در سنگ آذرین و رسوبی است.

# کانی شناختی سنگهای دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

سنگهای دگرگونی ممکن است در شرایط متنوع فیزیکی –  
شیمیایی متبلور شوند، و یک ترکیب شیمیایی ممکن است  
معادل چندین ترکیب کانی شناختی مختلف ، بسته به شرایط  
ویژه باشد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < پایداری کانی ها

- پایداری خاصیتی محیطی است.
- پایداری نه تنها بایستی بر حسب فشار و درجه حرارت بیان گردد، بلکه باید بر حسب محیط شیمیایی نیز مورد توجه قرار گیرد.
- سه حالت ممکن است تشخیص داده شود:  
پایداری – نیمه پایداری – ناپایداری

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < پایداری کانی ها

■ یک مجتمع کانی پایدار نوعی است که کمترین انرژی آزاد ممکن را در شرایط ویژه دارا است و از اینرو هیچ تمایلی به تغییر ندارد.

■ یک مجتمع کانی وقتی ناپایدار است که در شرایط ویژه با کمترین انرژی آزاد همراه نبوده و میزان تغییر به یک مجتمع با انرژی آزاد پایین تر شایان توجه است.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < پایداری کانی ها

- یک مجتمع نیمه پایدار نوعی است که انرژی آزاد آن بیشتر از انرژی آزاد حداقل برای سیستم می باشد، ولی در آن میزان تغییر به مجتمع با انرژی آزاد کمتر آن اندازه کند است که قابل کشف نیست؛ برای اینکه تغییر شکل به میزان محدودی رخ بدهد، بایستی انرژی مصرف گردد.
- پایداری مستلزم دو عامل است:  
ترمودینامیک و کینتیک

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترمودینامیک دگرگونی

ترمودینامیک دگرگونی می تواند بر حسب تغییر شکل یک مجتمع کانی،  $A+B+C\dots$  به یک مجتمع دیگر  $L+M+N\dots$  به موجب معادله زیر بیان گردد:

$$A+B+C\dots=L+M+N \dots$$

برای اینکه این تغییر به وقوع بپیوندد انرژی آزاد  $L+M+N\dots$  بایستی کمتر از انرژی آزاد  $A+B+C\dots$  باشد، یعنی تغییر انرژی آزاد بایستی منفی باشد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترمودینامیک دگرگونی

غالباً تغییر انرژی آزاد به طور غیر مستقیم ، با استفاده از قانون دوم ترمودینامیک به دست می آید و به شکل زیر بیان می گردد:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

که در آن  $\Delta H$  انتالپی یا گرمای واکنش و  $\Delta S$  تغییر آنترופی است.



## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترمودینامیک دگرگونی

واکنش های دگرگونی ممکن است به چهار نوع کلی تقسیم گردند:

- 1- واکنش های جامد-جامد ، که در بر دارنده هیچ نوع رهایی یا افزایش مواد فرار نیست.
- 2- واکنش های پسابش-آبش که مستلزم از بین رفتن  $H_2O$  با افزایش درجه حرارت یا آبگیری سنگها به وسیله افزایش آب گرم شده می باشد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < ترمودینامیک دگرگونی

3- واکنش های دی کربناتیون که مستلزم از بین رفتن  $\text{CO}_2$  است.

4- واکنش های اکسیداسیون-احیاء که اغلب با از بین رفتن اکسیژن به واسطه تولید ماده فرار  $\text{CO}$  یا  $\text{CO}_2$  از انواع کربن احیاء شده فراهم می گردد.

## کینتیک دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

اهمیت کینتیک در دگرگونی می تواند به وسیله حالت ساده  
تجدید بلورش یک سنگ آهک روشن گردد.

یک مجموعه ریز دانه از کلسیت می تواند خود به خود به  
یک مجموعه درشت دانه تبدیل گردد.

این تغییر منتج به کاهش در انرژی سطحی شبکه خواهد شد.

## کینتیک دگرگونی

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

- چیزی بیشتر از کاهش پتانسیل در مقدار انرژی آزاد لازم است ، تا باعث شود تغییر دگرگونی به وقوع پیوندد.
- انرژی فعال سازی مهمترین عامل مجرد در تعیین سرعت‌های واکنش می باشد، و نشان می دهد که این سرعتها با افزایش واحد درجه حرارت ، تا مقدار معینی افزایش می یابند.
- درجه حرارت مهمترین عامل در تعیین سرعت واکنش است.

## کینتیک دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ تاثیر آب که حلالی قوی و عامل یونیزه کردن می باشد،  
به ویژه در تغییر شکل‌های کانی، که اساسا خاصیت یونی  
دارند، از اهمیت برخوردار است.  
آب یا سیال‌های غنی از آب ممکن است برای تسریع فعل  
و انفعال‌های واکنش‌های دگرگونی اصولی باشند.

## کینتیک دگرگونی

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

- اگرچه ممکن است افزایش درجه حرارت، مهمترین منبع انرژی فعال سازی باشد، ولی قطعا تمام آن نیست.
- کندی بسیاری از واکنش ها در درجه حرارتهای پایین تا متوسط، بدون شک منتج به پایداری بعضی کانیها در تحت شرایطی می شود که در آن شرایط این کانیها می بایستی با انرژی آزاد کمتری به دیگر کانیها تبدیل شوند.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < دگرگونی و قانون فاز

نتیجه بخش ترین راه رسیدن به ژئوشیمی دگرگونی، همان گونه که به وسیله قانون فاز تدوین گشته ، به واسطه اصول تعادل در سیستم های ناهمگون بوده است.

مطالعه سنگ های دگرگونی نشان می دهد که تعادل معمولاً در اثنای دگرگونی نایل می شود، اگرچه شواهد مربوط به آن معمولاً غیر مستقیم است.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < دگرگونی و قانون فاز

■ قانون فاز، تعداد کانی‌هایی را که می‌توانند به صورت فازهای یک سیستم در تعادل موجود باشند، به وسیله تعداد اجزاء داخل سنگ محدود می‌کند.

معمولاً دیده می‌شود که حتی فازهای کمتر از تعداد حداکثری که به وسیله قانون فاز اجازه داده می‌شوند، موجود هستند.



## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < دگرگونی و قانون فاز

مشکلاتی که در مطالعه سیستم های دگرگونی عمدتاً از مسائل فنی منتج می شود، انجام مطالعه های تعادلی مواد فرار، و نیز کند بودن بسیاری از واکنش ها در درجه حرارتها و فشارهایی معادل درجه حرارتها و فشارهای دگرگونی می باشد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

طبقه بندی زایشی سنگهای دگرگونی به گونه مطلوب ، بر اساس درجه حرارت و فشاری می باشد که در آن درجه حرارت و فشار ، مجموعه کانی منشاء گرفته است .

اسکولا بدین ترتیب تشخیص داد که مجموعه های کانی ، نشانه شرایط تشکیل به علاوه ترکیب شیمیایی خود سنگ می باشند .

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

اسکولا مفهوم رخساره کانی را به صورت زیر بیان نمود:  
“رخساره کانی مرکب از تمام سنگهایی است که در شرایط  
دما و فشاری مشابه دما و فشار ترکیب شیمیایی معینی که  
منجر به همان مجموعه کانیها شده است، به وجود آمده اند.  
این مجموعه کانیها بدون توجه به چگونگی بلورش کانیها  
تشکیل یافته اند؛

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

اصل رخساره

.. یعنی یا از ماگما تولید شده اند یا از محلول آب دار یا گاز به وجود آمده اند یا به وسیله بلورش مستقیم محلول (بلورش اولیه) تشکیل شده اند و یا به وسیله تغییر تدریجی کانیهای قبلی (بلورش دگرگونی) حاصل گردیده اند. ”

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

Ramberg مفهوم رخساره کانی را به طور خلاصه چنین بیان می دارد:

“سنگهایی که تحت حوزه معینی از (P,T) تشکیل یا تجدید بلورش می یابند، به وسیله پایداری کانیهای معین و با ترکیب مشخص متعلق به همان رخساره کانی ، محدود می گردند.”

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

- مفهوم رخساره را می توان برای هر سنگی اعم از رسوبی، آذرین یا دگرگونی به کار برد، ولی در عمل بیشترین استفاده آن در مطالعه سنگهای دگرگونی است.
- رخساره کانی مرکب از تمام سنگهایی است که تحت مجموعه ویژه ای از شرایط فیزیکی به تعادل شیمیایی رسیده اند.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < اصل رخساره

مفهوم رخساره اصطلاحی برای قانون فاز می باشد که به صورت زیر بیان شده است:

■ در هر سیستم در تعادل، تعداد و ترکیب فازهای مختلف فقط بستگی به ترکیب کلی سیستم و درجه حرارت و فشاری خواهد داشت که در آنها تعادل نایل شده است.

## تغییر شکلهای کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ کار بسیاری باید انجام گیرد تا طبقه بندی رخساره ها را به ابزار دقیقی ، که بالقوه هم چنین هستند، تبدیل نمود. این موضوع مطالعه دقیقی را از مجموعه های کانی و به ویژه تعیین تغییرپذیری در ترکیب شیمیایی بسیاری از کانیهای خاص، ایجاب می کند.



## تغییر شکل‌های کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ تغییر پذیری نه تنها به ترکیب کلی سنگ بلکه به شرایط  
درجه حرارت و فشار احتمالی که سنگ تحت آن تشکیل  
شده، نیز مربوط می شود.

■ یک رخساره کانی محدوده معینی از  $(P, T)$  را نمایش  
می دهد که در آن محدوده، سنگ به ترکیب کانی شناختی  
فعلی اش نایل شده است.

## تغییر شکلهای کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ رخساره های متفاوت به وسیله حوزه های پایداری کانیهای  
بحرانی آنها یا مجتمع کانی ها مشخص می شوند.

■ مرزهای یک رخساره به وسیله منحنی های تعادل برای  
واکنش هایی که کانیهای بحرانی مجتمع کانیها را ایجاد  
می کنند، محدود می شوند.

## تغییر شکل‌های کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

بوون در سال 1940 نشان داد که دگرگونی پیشرونده سنگ‌های  
آهکی و دولومیت‌ها می‌توانند بر حسب یک سری واکنش-  
های فزاینده دی‌کربن‌اسیون که در درجه حرارت‌های متوالیا  
بالاتر در هر فشار داده شده، رخ می‌دهند، مورد توجه قرار  
گیرند.

## تغییر شکلهای کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

بوون اشاره نمود که منحنی های تعادل برای این واکنش ها  
وقتی روی نمودار فشار- درجه حرارت رسم می گردند،  
حوزه های پایداری کانیهای ویژه و مجتمع کانیها را محدود  
می کنند، و از اینرو تشکیل چیزی را می دهند که وی آنرا  
بااصطلاح “ شبکه پتروژنتیک “ نامگذاری کرد.

## تغییر شکل‌های کانی و اصل رخساره

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ ما، در توضیح خود از ژئوشیمی دگرگونی به واسطه  
فقدان آگاهی از شرایط تعادل بسیاری از واکنش‌های  
دگرگونی مهم، به ویژه آنهایی که در درجات پایین‌تر رخ  
می‌دهند، بسیار عقب هستیم.  
واکنش‌های مهم اغلب بسیار پیچیده اند.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

### جانشینی در دگرگونی

در بحث مربوط به اصل رخساره ، سنگهای دگرگونی به صورت فرآورده های نهایی واکنش شیمیایی مورد توجه قرار گرفتند؛ مجموعه تعادل کانیها، به وسیله شرایط دگرگونی و ترکیب نهایی به دست آمده از سنگ مورد سوال تعیین شده است.

ما باید بعضی مسائلی را که به وسیله جانشینی مطرح میشوند جدا از کیفیت انتقال مواد جانشین کننده مورد توجه قرار دهیم.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < جانشینی در دگرگونی

- واکنش های همراه جانشینی، به وسیله اصول فیزیکوشیمیایی تحت تاثیر واقع می شوند که قانون فاز و قانون اثر جرم در این رابطه از مهمترین آنها هستند.
- تجربه نشان داده است که جانشینی معمولاً بدون تغییر حجم رخ می دهد، یعنی سنگی که در آن جانشینی اعمال شده به طور کلی همان حجمی را اشغال می کند که قبل از جانشینی اشغال کرده بود.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < جانشینی در دگرگونی

ماهیت واکنش های جانشینی در مقیاس ناحیه ای برای مدت طولانی بحث شده است.

به نظر می رسد تغییرات اساسی به وسیله اثر محلول های آب اتفاق می افتند، و از اینرو اغلب در درجه حرارت های پایین تر دگرگونی وقتی آب یک مولفه مهم است بیان خواهد شد.



## عناصر فرعی در سنگ های دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

در حالی که اطلاعات قابل ملاحظه ای از فراوانی و توزیع  
عناصر فرعی و کمیاب برای سنگهای آذرین، و تا اندازه ای  
کمتر، برای سنگهای رسوبی در دسترس هستند، ولی  
اطلاعات مشابه برای سنگهای دگرگونی به طور واضحی  
کمیاب اند.

## عناصر فرعی در سنگ های دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

گوناگونی نمونه های سنگ دگرگونی و اشکالاتی که در  
نتیجه گیری های کلی موجودند، در این فقدان اطلاعات  
سهیم می باشند.

به علاوه کانیهای دگرگونی اغلب همگن نیستند و از اینرو  
نمونه برداری مشکل است.

## عناصر فرعی در سنگ های دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ در شرایط ایده آل، توزیع عناصر فرعی در بین کانیهای  
دگرگونی به وسیله پارامترهای ترمودینامیک تاثیر  
می پذیرد.

نظم های تعادل ترمودینامیکی کاربرد بالقوه عناصر کمیاب  
را به صورت نشانه هایی از درجه حرارتها و فشارهای  
واکنش های دگرگونی اجازه می دهند.

## عناصر فرعی در سنگ های دگرگونی

فصل یازدهم – دگرگونی به  
عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی <

■ یکی از چند تحقیق پیرامون عناصر فرعی ونادر موجود در سنگهای دگرگونی که برای آنها داده های زمین شناسی و ژئوشیمیایی به دقت کنترل می شوند، متعلق به شاو (Shaw) است.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی < فرا دگرگونی

■ این فرآیند می تواند عنوان عکس بلورش ماگمایی مورد توجه قرار گیرد.

■ در شرایط فرا دگرگونی ، به واسطه فراوانی رسوبات کوارتز- فلدسپار و درجه حرارت های کمتر ذوب سنگ های آب دار دارای ترکیب گرانیته، ماگمای دوباره تولید شده به احتمال زیاد گرانیته می باشد.

## فصل یازدهم – دگرگونی به عنوان یک فرآیند ژئوشیمیایی > فرا دگرگونی

گرانیت ها امکان دارد به چند طریق ایجاد شوند:

- به وسیله بلورش جزء به جزء یک ماگما
- به وسیله بلورش مذاب تولید شده توسط ذوب بخشی سنگی که از قبل موجود نبوده است.
- به وسیله تجدید بلورش بدون ذوب یک سنگ موجود از قبل.

# Periodic Table of the Elements

1	IA															0		
1	H	IIA										5	6	7	8	9	10	
2	3	4											5	6	7	8	9	10
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	III B	IV B	V B	VI B	VII B	— VII —			IB	IB	13	14	15	16	17	18
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112						
7	Fr	Ra	+Ac	Rf	Ha	106	107	108	109	110	111	112						

Naming conventions of new elements

**The Noble Gases**

\* Lanthanide Series

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

+ Actinide Series

[Return](#)

[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)