



## شناسایی رس‌ها به کمک پراش اشعه ایکس (XRD)

محمدیوسفی

بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

محمدحسن بازوبندی

هیئت علمی دانشگاه فرهنگیان مرکز آموزش عالی شهید باهنر تهران

زهره فردین دوست

بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

### چکیده

با توجه به گستردگی کاربرد کانی‌های رسی و اهمیت آن در صنایع مختلف و پروژه‌های عمرانی، شناخت کافی از کانی‌های رسی از اهمیت بسیار برخوردار است. بی‌شک با شناخت هرچه بهتر این کانی‌ها، موارد استفاده بهینه از آن‌ها راحت‌تر و تدبیر آن‌ها علمی‌تر و جذاب‌تر خواهد بود.

نوع تقسیم‌بندی این مواد در کشورهای مختلف، و از دیدگاه دانشمندان مختلف، کمی متفاوت است، اما تقریباً مشابه و نزدیک به هم است. از این‌رو با توجه به نوع پروژه‌های اجرایی همچون پروژه‌های عمرانی (سدسازی، تونل‌سازی، جاده و غیره) یا صنایع مختلف (رنگ، لاستیک، کاغذ، غذایی و...) پس از احتمال حضور کانی‌های رسی، به دلیل اینکه انواع گوناگون آن رفتار متفاوت از خود نشان می‌دهند، لازم است شناسایی دقیق روی آن‌ها انجام گیرد. یکی از روش‌های مؤثر در دنیا، روش آنالیز پراش اشعه ایکس است. در این

روش، آماده‌سازی نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه مورد مطالعه بسیار مهم است، به این معنا که به دلیل اندازه و نوع ساختار آن‌ها باید آن‌ها را به روش‌های گوناگون از سایر کانی‌ها جدا کرد و سپس با انجام آنالیز اشعه ایکس، به شناسایی آن‌ها پرداخت. با آشنایی هرچه بیشتر با روش‌های شناسایی این موادمعدنی، انتقال مفاهیم درسی به فراگیران آسان‌تر خواهد بود.

**کلیدواژه‌ها:** رس، اشعه ایکس، آماده‌سازی، موادشیمیایی

## مقدمه

کانی‌های رسی گروهی از کانی‌های سطح زمین هستند که در زندگی بشر نقش مهم و بسزایی دارند. در فصل‌های ۵، ۷ و ۹ کتاب زمین‌شناسی سال سوم تجربی به اختصار درباره نحوه شناسایی، تشکیل و کاربرد آن‌ها مطالبی آورده شده است. در این مقاله نیز ما به بسط این موضوع می‌پردازیم. کانی‌های رسی یکی از فراوان‌ترین مواد خام و طبیعی سطح زمین هستند که موارد استفاده گوناگون دارند. مشخصات کلی این کانی‌ها به قرار زیرند:

۱. این کانی‌ها مخفی بلورند و بلور آن‌ها به کمک پرتو ایکس قابل تشخیص است.

۲. در سطح زمین به صورت خاک و سنگ دیده می‌شوند.

۳. اصطلاح رس بیشتر به اندازه و سایز بلور اشاره دارد تا ترکیب شیمیایی و معمولاً به ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرون گفته می‌شود.

۴. رس‌ها به صورت دانه‌های کلوئیدی یا نزدیک به کلوئیدی هستند.

۵. در موقع مرطوب شدن دارای خاصیت خمیرسانی (پلاستیسیته) هستند.

۶. رس‌ها منشأهای گوناگون دارند، ولی عمدتاً از تجزیه سیلیکات‌ها به‌ویژه فلدسپات‌ها به‌دست می‌آیند.

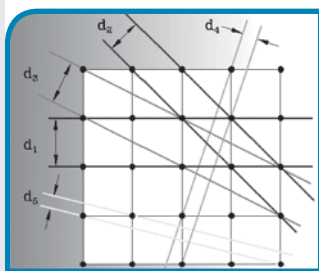
اندازه ذرات رس را زمین‌شناسان ۲ میکرون در نظر گرفته‌اند، ولی اندازه آن‌ها به ابعاد کلوئیدی هم می‌رسد. رس‌ها وقتی در آب قرار بگیرند از هم جدا و به صورت کلوئید درمی‌آیند. همین امر باعث ایجاد برخی خواص رس‌ها، مثل خمیرسانی (پلاستیسیته) می‌شود که از این خاصیت در صنعت سرامیک استفاده می‌شود.

رس‌ها در طبیعت به‌دو صورت قابل بررسی هستند. ۱) گاهی رس‌ها به‌عنوان ماده معدنی در تأمین مواد اولیه صنایع به‌کار می‌روند، که در این حالت به‌دلیل خلوص بالای آن در این نوع معادن، شناسایی آن‌ها آسان است و نیاز به جداسازی‌ها و آماده‌سازی‌های خاص نیست.

۲. رس‌ها به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده مهم در اکثر خاک‌ها در پوسته زمین به‌عنوان مصالح مورد استفاده در پروژه‌های عمرانی حضور دارند که در این حالت شناسایی آن‌ها به‌دلیل رفتار متفاوتشان از اهمیت بسیار برخوردار است، زیرا حضور یا عدم حضور آن‌ها می‌تواند در عملکرد پروژه نقش داشته باشد، این‌جاست که برای شناسایی آن‌ها در خاک‌ها نیاز به آماده‌سازی‌های خاص است.



اندازه ذرات رس را زمین‌شناسان ۲ میکرون در نظر گرفته‌اند، ولی اندازه آن‌ها به ابعاد کلوئیدی هم می‌رسد. رس‌ها وقتی در آب قرار بگیرند از هم جدا و به صورت کلوئید درمی‌آیند. همین امر باعث ایجاد برخی خواص رس‌ها، مثل خمیرسانی (پلاستیسیته) می‌شود که از این خاصیت در صنعت سرامیک استفاده می‌شود.



شکل ۱: نمایش فاصله سطوح کریستالی در جهات مختلف یک کریستال

یکی از روش‌های دقیق برای شناسایی کانی‌ها و ترکیباتی که دارای ساختار کریستالی هستند، آنالیز به روش پراش اشعه ایکس (XRD) است. به اختصار اساس کار دستگاه XRD چنین بیان می‌شود: پس از انتشار اشعه ایکس از چشمه آن که عمدتاً از لامپ مس یا کبالت تشکیل شده است، به صورت یکنواخت و موازی شده، به سطح صاف نمونه برخورد و بازتابش پیدا می‌کند. اشعه‌های بازتابش شده در گیرنده اشعه (دتکتور) به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل و در دستگاه رایانه ثبت می‌شوند. در این دستگاه از قانون براگ  $n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$  برای تحلیل و شناسایی ترکیبات دارای ساختار کریستالی استفاده می‌شود که در آن:

n. عدد صحیح و نشان‌دهنده تعداد پیک پراش

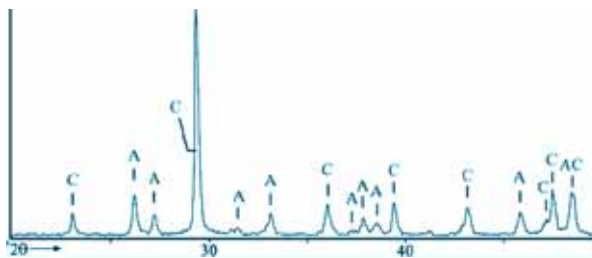
$\lambda$ . طول موج اشعه X

d. فاصله بین صفحه‌ای (انگستروم)

$\theta$ . زاویه پراش یا زاویه برخورد اشعه X (مقدار آن نصف  $2\theta$  است)

ساختار منظم رس‌ها مجموعه‌ای از صفحات موازی است که با فاصله d از یکدیگر جدا شده‌اند. این فاصله (d) با واحد انگستروم بیان می‌شود.

به‌طور کلی تمام ترکیبات دارای ساختار کریستالی در موقعیت‌های مختلف از زوایای  $2\theta$  از خود پیک نشان می‌دهند. هر پیک بیان‌کننده صفحه‌های خاصی از آن کریستال است که در فاصله d از هم قرار دارند. تمام ساختارهای کریستالی شناخته‌شده مانند اثر انگشت انسان‌ها، که هر اثر انگشت فقط به یک شخص مربوط است دارای الگوی پراش اشعه ایکس مخصوص به خود هستند. لذا با تطبیق پیک‌های به‌دست‌آمده از نمونه با پیک‌های استاندارد موجود، که در مرکز بین‌المللی داده‌های پراش سنجی واقع در ایالت پنسیلوانیای آمریکا (ICDD) نگهداری می‌شوند، کانی‌های مورد نظر شناسایی می‌شوند. برای مثال در شکل ۲ از ترکیبی که ۵۰ درصد کلسیت و ۵۰ درصد آرگونیت دارد، آنالیز XRD به‌عمل آمده و نتیجه زیر حاصل شده است.



شکل ۲. نمایش گراف حاصل از آنالیز XRD، که در آن موقعیت پیک‌های کلسیت (C) و آرگونیت (A) در زوایای مختلف نشان داده شده است.

برای شناسایی رس‌ها به عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده خاک‌ها، باید ابتدا نمونه‌ها آماده‌سازی شوند بنابراین آماده‌سازی نمونه از مهم‌ترین مراحل در آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) است. خاک‌ها و رس‌ها قبل از خرد شدن و جدایش خشک می‌شوند. در آنالیز XRD لازم است پودرها بسیار ریزدانه باشند. اندازه توصیه شده حدود ۱ تا ۵ میکرون است. اولین اشتباه جدی و یکی از معمول‌ترین آن‌ها خرد کردن نمونه با آسیاب<sup>۱</sup> یا آسیاب گلوله‌ای است، زیرا این عمل باعث کاهش اندازه کانی‌های غیررسی درشت‌دانه می‌شود و در نتیجه جدایش غیرممکن خواهد شد. بنابراین نمونه باید با وسایلی مانند یک هاون خرد شود (Moore & Reynolds, 1989). نمونه‌های خردشده از یک الک با مش شماره ۳۲۵ (۴۵ میکرون) گذرانده می‌شوند. خردایش بیش از حد باعث کج‌شدگی شبکه کریستالی و تشکیل یک لایه آمورف در سطح دانه می‌شود (Iyengar). پس از شناسایی کانی اولیه خاک، شناسایی نمونه‌های رسی و خاک‌ها به دلیل افزایش غلظت رس‌ها و حذف مواد مزاحم، مانند ترکیبات سیلیسی، سیمانی و غیره به آماده‌سازی نیاز دارند که به صورت زیر انجام می‌شود.

## ۱. جدایش کانی‌های رسی از سنگ‌های تخریبی

برای انجام این مرحله، صد گرم پودر به‌دست آمده از سنگ خردشده را با مقدار کافی آب دو بار تقطیر ترکیب می‌کنیم و یک سوسپانسیون یکنواخت به‌دست می‌آوریم و عمل جدایش را به دو روش زیر روی آن انجام می‌دهیم:

**الف) ته‌نشست ثقیلی:** در این روش ذرات سوسپانسیون براساس وزن مخصوص، ته‌نشست می‌شوند. پس از گذشت زمان مورد نیاز و ته‌نشست مواد مزاحم، از محتویات بخش بالایی ظرف حاوی سوسپانسیون برای آنالیز، نمونه‌گیری می‌شود.



شکل ۳: نمونه‌برداری از بخش بالایی با پیپت

به دلیل زمان‌بر بودن روش ته‌نشست ثقیلی، معمولاً از روش سانتریفیوژ استفاده می‌شود.

**ب) سانتریفیوژ:** سوسپانسیون به تیوب‌های سانتریفیوژ منتقل می‌شود. در این روش براساس نیروی گریز از مرکز، ذرات سنگین‌تر و غیرکلوئیدی از ذرات کلوئیدی (رس‌ها) جدا می‌شوند. پس از پایان سانتریفیوژ، با دقت، مایع بخش بالایی را تا زمان نمونه‌گیری برای آنالیز در ظرف دیگر نگاه‌داری می‌کنیم. باید دقت کنیم که رسوبات انتهایی تیوب درون مایع ریخته نشود (USGS, 2001).



شکل ۴: جداسازی با دستگاه سانتریفیوژ

## ۲. جدایش کانی‌های رسی از سنگ‌های کربناته

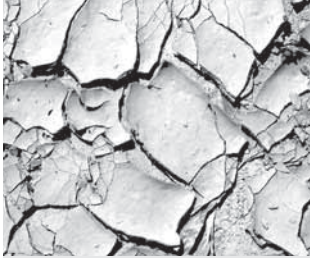
به دلیل حضور کربنات‌ها در بسیاری از خاک‌ها و سنگ‌ها، برای شناسایی بهتر رس‌ها، باید سوسپانسیون به‌دست‌آمده را قبل از انجام آنالیز، اسیدشویی کرد و کربنات‌های آن را از بین برد. استفاده از اسید کلریدریک قوی برای از بین بردن کربنات‌ها می‌تواند به ساختار کانی‌های رسی آسیب برساند. به همین دلیل استفاده از اسید استیک رقیق شده نسبت به اسید کلریدریک مناسب‌تر است. با این کار، احتمال آسیب‌رسانی به ساختار کریستالی رس‌ها کمتر می‌شود (USGS, 2001).

## ۳. جدایش کانی‌های رسی از سنگ‌های سولفات

به کمک نمک سدیم EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) می‌توان سولفات‌هایی مانند ژنپس و انیدریت را از کانی‌های رسی حذف کرد. از این روش برای حذف سنگ‌های کربناته نیز استفاده می‌شود. زیرا این نمک می‌تواند به خوبی یک اسید برای حذف کلسیت و دولومیت عمل کند.

## ۴. جدایش مواد آلی

برای حذف این مواد از هیدروژن پروکساید ( $H_2O_2$ ) و سدیم هیپوکلریت (NaOCl) می‌توان استفاده کرد (Moore & Reynolds, 1989). برای نمونه‌های حاوی مواد آلی فراوان مانند زغال لازم



کردن رس‌های متورمشونده به کار می‌روند. هدف از به کار بردن این مایع، بررسی میزان انبساط و به دست آوردن اطلاعات پایه تکمیلی برای شناسایی کانی‌هاست.

### بررسی تأثیر حرارت

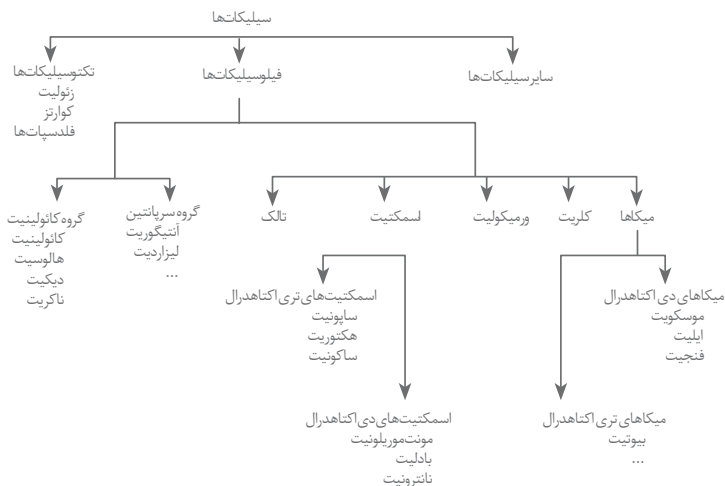
تیمارهای حرارت در درجات گوناگون (۴۰۰ و ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) باعث تغییرات مشخص در فضای ساختار کریستالی یا از دست دادن ساختار می‌شود که در نتیجه به شناسایی رس‌ها کمک می‌کند. بسته به درجه حرارت و نوع کانی، این تیمارها می‌توانند با آب‌زدایی، ساختارهای کریستالی را تخریب کنند.

### طبقه‌بندی رس‌ها

در مجامع علمی مختلف تقسیم‌بندی‌های متفاوتی برای رس‌ها در نظر می‌گیرند که در زیر به دو نمونه اشاره می‌شود:

- الف. تقسیم‌بندی کلی رس‌ها براساس ترکیب شیمیایی
۱. گروه کائولینیت  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
  ۲. گروه مونت‌موریلونیت  $(Mg, Ca)O, Al_2O_3, nH_2O[Al_x(Si_{4-x}), (OH)_y xH_2O]$
  ۳. گروه ایلیت  $KAl_3(OH)_2(Si_3Al)_2(OH)_4$
  ۴. گروه کلریت  $Mg_3Al_2(Si_4Al)_2(OH)_2(OH)_4$
- ب) تقسیم‌بندی رس‌ها براساس ساختار کریستالی در زیرگروه فیلوسیلیکات‌ها (شکل ۶)

به دلیل زمان بر بودن روش ته‌نشست ثقلی، معمولاً از روش سائتریفیوژ استفاده می‌شود



شکل ۶. نمایش انواع رس‌ها براساس ساختار کریستالی

### شناسایی کانی‌های رسی XRD

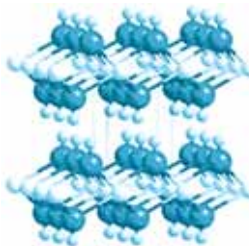
همان‌طور که اشاره شد آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) روش اصلی آنالیز کانی‌های رسی است.

است ماده آلی با سوزاندن در حرارت کم حذف شود (Moore & Reynolds, ۱۹۸۹).

پس از عملیات خالص‌سازی کانی‌های رسی و حذف مواد غیررسی، برای شناسایی کانی‌های رسی، آنالیز XRD به روش زیر انجام می‌شود:

### ۱. اشباع کانی‌های رسی با کاتیون‌های متفاوت

در طبیعت، رس‌ها و خاک‌ها با انواع گوناگون کاتیون‌ها شامل  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  اشباع می‌شوند (Iyenger). کانی‌های رسی آنیون‌ها و کاتیون‌ها را جذب می‌کنند و آن‌ها را در حالت قابل تبادل نگه می‌دارند. فاصله صفحات کریستالی در یک رس به نوع کاتیون‌های موجود در بین لایه‌ها بستگی دارد. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود فاصله سطوح اکتاهدری یا دی اکتاهدری با کوچک شدن یا بزرگ شدن کاتیون‌ها به یکدیگر نزدیک یا از هم دور می‌شوند. لذا ما در روش اشباع‌سازی با وارد کردن کاتیون‌های  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$  و  $K^+$  به صورت مصنوعی به داخل ساختار کریستالی رس، می‌توانیم نزدیک شدن یا دور شدن صفحات کریستالی را کنترل کنیم که نتیجه آن در نمودار نهایی با جابه‌جایی پیک اصلی نمودار به سمت زوایای پایین‌تر در اثر نزدیک شدن صفحات و جابه‌جایی به سمت زوایای بالاتر با افزایش فاصله سطوح، مشخص می‌شوند.



شکل ۵. نمایش کاتیون‌های قرار گرفته در بین سطوح چهار و هشت ضلعی

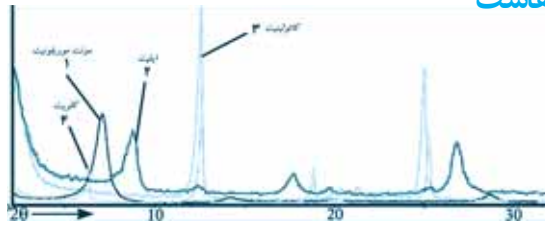
### بررسی تأثیر گلیکول

مایعات ارگانیک (عمدتاً اتیلن گلیکول و گلیسرول) به عنوان یک تیمار کمکی برای منبسط

## مایعات ارگانیک عمدتاً اتیلن گلیکول و گلیسرول (به عنوان یک تیمار کمکی برای منبسط کردن رس های متورم شونده به کار می روند. هدف از به کار بردن این مایع، بررسی میزان انبساط و به دست آوردن اطلاعات پایه تکمیلی برای شناسایی کلی هاست

برای تعیین ساختار کانی ها، نمونه های آماده شده در مراحل قبل که روی لامها قرار داده شده اند، به طور جداگانه برای آنالیز در دستگاه قرار داده می شوند.

در این مرحله که مهم ترین قسمت کار است، رس هایی که اختلاف واضحی در الگوی پراش اشعه ایکس با همدیگر دارند به سادگی با مقایسه با الگوهای استاندارد، قابل شناسایی هستند (شکل ۷). اما در بسیاری از گروه ها و زیرگروه ها به دلیل نزدیکی بودن پیک های اصلی به یکدیگر لازم است که تیمارهای مختلف روی آن ها انجام گیرد تا با تغییراتی که در آن ها به وجود می آید از جمله جابه جایی پیک اصلی یا تغییر شدت پیک، بتوان آن ها را تشخیص داد.



شکل ۷: نمایش موقعیت پیک های استاندارد چهار نوع رس مختلف

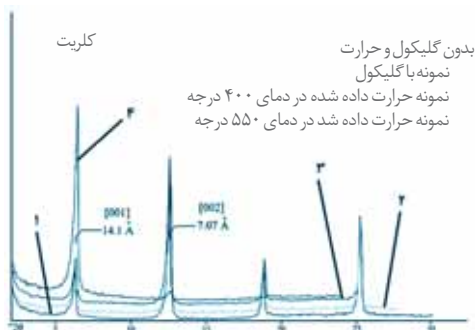
**گروه کائولینیت (Kaolinite):** گروه کائولینیت شامل کانی های کائولینیت، دیکیت، ناکریت و هالوزیت. همه اعضای گروه کائولینیت اولیه در طی آلتراسیون هیدروترمال یا هوازدگی فلدسپات ها، تحت شرایط اسیدی تشکیل می شوند. کانی کائولن برای تولید سرامیک ها، کاغذ و رنگ استفاده می شود.

همان طور که در شکل ۸ مشاهده می شود، پیک اصلی کائولن (۰۰۱) با فاصله صفحه کریستالی ۷/۱۸ انگستروم که در دو تنای ۱۲ درجه واقع شده است، با اضافه کردن گلیکول و قرار دادن در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد، هیچ تغییری از خود نشان نمی دهد، اما پس از قرار دادن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد که با شماره ۴ نشان داده شده است، حذف می شود.

### گروه کلریت (Chlorite)

کانی های گروه کلریت ترکیبات معمول سنگ های دگرگونی رخساره درجه پایین شیبست سبز هستند و در نتیجه آلتراسیون هیدروترمال کانی های فرومگنز سنگ های آذرین تولید می شوند. کلریت ها همچنین ترکیب معمول سنگ های رسوبی آرژیلیتی هستند و به دو صورت در جازا و تخریبی تشکیل می شوند.

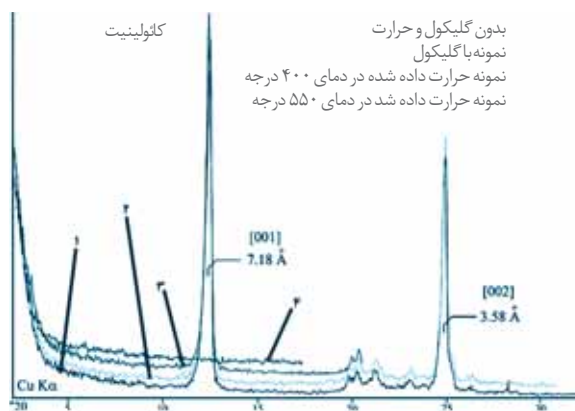
کلریت دارای پیک های ۰۰۱ در ۱۴ و ۱۴/۴ انگستروم، بسته به نوع آن است. موقعیت پیک با اشباع یون، حلالیت با اتیلن گلیکول یا حرارت تغییر نمی کند، اما حرارت ۵۵۰ C شدت پیک را تغییر می دهد (شکل ۹). در نمونه های حاوی چند کانی رسی، کلریت از کائولینیت با مقایسه پیک های ۳/۵۸ انگستروم کائولینیت و ۳/۵۴ انگستروم کلریت؛ از اسمکتیت ها (مونت موریلونیت) با انبساط و انقباض پیک ۰۰۱ اسمکتیت به ترتیب بعد از حلالیت اتیلن گلیکول و تیمار حرارت؛ و از ورمیکولیت با از هم پاشیدن پیک ۰۰۱ ورمیکولیت در طی تیمار حرارت، تشخیص داده می شود (USGS, ۲۰۰۱).



شکل ۹: تغییرات به وجود آمده در اثر حرارت ۵۵۰ درجه سانتی گراد

### روش هایی برای تشخیص حضور یا عدم حضور کلریت و کائولینیت

۱. اگر پیک های پراش زوایای بالاتر دیده شوند، کائولینیت در ۳/۵۸ انگستروم می تواند از کلریت در ۳/۵۴ انگستروم تشخیص داده شود.



شکل ۸: نمایش حذف پیک اصلی (پیک شماره ۴) با اعمال حرارت ۵۵۰ درجه سانتی گراد در نمونه حاوی کائولن



### پی‌نوشت‌ها

1. Shatter box
2. Decantation

### منابع

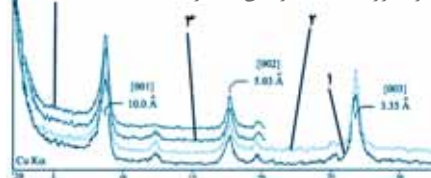
1. چنگینز و ج. ال. دی. وریز، شناخت مواد به کمک دیفرانکتومتری اشعه ایکس (پراش‌سنجی) - پرتوهای ایکس، روش پودر، ترجمه دکتر احمد خاکزاد و جهاندار رضانی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۶۸.
2. مور و رینولدز، شناسایی کانی‌های رسی به روش طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس، ترجمه گلناز جوزانی کهن، مؤسسه انتشارات ستایش، ۱۳۹۲.
3. Adams, Z. and Williams, R. B. (2005): "Environmental health criteria for Bentonite, Kaolin and selected clay minerals", World Health Organization Geneva. (<http://www.inchem.org>)
4. Braxton, D.P., Petersen, E.U., and Parry, W.T.: Clay Mineral Mixtures: Extraction and Identification by X-Ray Diffraction", University of Utah, Department of Geology and Geophysics. (<http://www.mines.utah.edu>)
5. Birnby, G.W. and Brown, G. (1980): "crystal structures of clay minerals and their identification", Mineralogical Society Monograph No. 5. Mineralogical Society, London.
6. Cullity B.D. (1978): *Elements of X-Ray Diffraction* 2nd Edition". Addison-Wesley Publishing Co. Menlo Park, CA.
7. Iyenger, S.S.: "Analysis of clay and soils by XRD", Soil and Clay, Technology of Materials. (<http://www.xraydiffract.com>)
8. Klug H.P. and Alexander, L.E. (1974): X-ray Diffraction Procedures. J. Wiley and Sons, Inc. New York. 996p.
9. Lisensky, G. (2006): "Polyhedral model Kit, What You Need to Know: Interdisciplinary Education Group" The Board of Regents of the University of Wisconsin System, Beloit College. (<http://mrsec.wisc.edu>)
10. Moore, D.M. and Reynolds, R.C. (1989): "X-ray Diffraction and identification and Analysis of Clay Minerals", Oxford University Press, Oxford.
11. Nelson, S.A. (2007): "Amphiboles and phyllosilicates", EENS 212, Tulane University (<http://www.tulane.edu>)
12. Redfern, S. and Dove, M.: "Science programmes in Mineral Sciences" High pressure behavior (<http://www.esc.cam.ac.uk>).

## گروه ایلیت (Illite)

ایلیت نام یک گروه از کانی‌های میکایی، دی‌اکتاهدال و غیرقابل انبساط است. ایلیت‌ها که کانی‌های رسی غالب در سنگ‌های آریلیتی هستند، در نتیجه هوازدگی سیلیکات‌ها، آلتراسیون کانی‌های رسی، هوازدگی مسکوویت، آلتراسیون هیدروترمال و دیاژنز دفنی شیل‌های غنی از اسمکتیت تشکیل می‌شوند. استفاده مهم این رس‌ها در صنعت آجرسازی و سرامیک است. اعضای گروه ایلیت با پیک‌های شدید ۰۰۱ در ۱۰ انگستروم و ۰۰۳ در ۳/۳ انگستروم مشخص می‌شوند که در حلالیت اتیلن گلیکول و گلیسرول، اشباع پتاسیم و حرارت ۵۵۰ C بدون تغییر باقی می‌مانند (USGS, ۲۰۰۱).

بدون گلیکول و حرارت  
نمونه با گلیکول

نمونه حرارت داده شده در دمای ۴۰۰ درجه  
نمونه حرارت داده شده در دمای ۵۵۰ درجه



شکل ۱۱: جابه‌جایی پیک اصلی در تیمارهای مختلف

## رس‌های تجاری

در تقسیم‌بندی رس‌ها براساس نوع مصرف در صنایع (U.S. Bureau of Mine) رس‌ها به شش دسته زیر تقسیم‌بندی شده‌اند:

۱. کائولن (Kaolin)
۲. بال کلی (Ball Clay)
۳. رس نسوز (Fire Clay)
۴. بنتونیت (Bentonite)
۵. فولرز ارث (Fuller's Earth)
۶. رس‌های معمولی و شیل

همچنین می‌توان شش دسته فوق‌رادر سه گروه تنظیم کرد که در این میان بنتونیت و فولرز ارث به دلیل کاربرد مشابه در یک گروه قرار می‌گیرند. کائولن، بال کلی و رس‌های نسوز به دلیل داشتن کانی‌های گروه کائولینیت و تشابه مصارف آن‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند. رس‌های معمولی و شیل نیز گروه دیگری را تشکیل می‌دهند.

## نتیجه‌گیری

کانی‌های رسی به روش‌های مختلف شناسایی می‌شوند. بهترین روش شناسایی آن‌ها، استفاده از روش پراش اشعه ایکس است. برای انجام آن ابتدا باید روی نمونه آماده‌سازی انجام شود. آماده‌سازی نمونه شامل جدایش ناخالصی‌هایی مانند کانی‌های تخریبی، کربناتی، سولفاته و ترکیبات آلی از نمونه است. آشنایی با این روش به تدریس مباحث مربوط به کانی‌های رسی کمک زیادی خواهد کرد.

۲. تیمار حرارت نمونه‌ها تا ۵۵۰ C اغلب باعث واکنش‌های زیر می‌شود:

- پیک ۷ انگستروم کائولینیت به دلیل هیدروکسیل‌زدایی ساختار محومی گردد.
- شدت پیک ۱۴ انگستروم کلریت افزایش می‌یابد.
- ۳. بسیاری از کلریت‌ها وقتی در اسید کلریدریک ۲ نر مال حدود ۱ ساعت می‌جوشند، حل می‌شوند، ولی کائولینیت باقی می‌ماند.
- ۴. اگر کلریت حاوی آهن قابل ملاحظه‌ای باشد، امکان جدایش مغناطیسی وجود دارد (Schroeder, ۲۰۰۶).

## گروه اسمکتیت (Smectite)

مونت‌موریلونیت، از مهم‌ترین کانی‌های این گروه، از دو صفحه تتراهدرال به سمت داخل و یک صفحه اکتاهدال تشکیل می‌شود. پیوند بین لایه‌ها ضعیف است که اجازه ورود آب و دیگر مولکول‌ها را بین لایه‌ها می‌دهد و باعث انبساط در امتداد محور C می‌شود. این انبساط براساس کاتیون موجود بین لایه‌ها، انرژی هیدراسیون، مولکول‌های آلی و رطوبت نسبی از ۱۰ تا ۱۸ انگستروم متغیر است (USGS, ۲۰۰۱).

اسمکتیت‌ها معمولاً از هوازدگی سنگ‌های بازیک ناشی می‌شوند. خاک‌های غنی از اسمکتیت می‌توانند در نتیجه جذب یا از دست دادن آب در فضای بین لایه‌ای تا ۴۰٪ دستخوش تغییرات حجمی شوند. نیروی پشت این تورم بسیار عظیم است و می‌تواند ساختمان‌ها را چند سانتی‌متر جابه‌جا کند. در نتیجه وجود ماهیت تورم، اسمکتیت‌ها به عنوان گل حفاری (برای بازنگه داشتن حفره حفاری) و در سدها برای مسدود کردن نشت، مفیدند.

لذا از همین خصوصیت آن‌ها می‌توان برای شناسایی در پیک‌های حاصل از الگوی پراش اشعه ایکس استفاده کرد. در شکل ۱۰، نمودار ۱ پیک اصلی مونت‌موریلونیت را با فاصله صفحه کریستالی (d)، حدود ۱۲/۱ انگستروم را نشان می‌دهد که پس از اضافه کردن گلیکول به نمونه، به موقعیت ۱۷/۱ انگستروم (نمودار شماره ۲) جابه‌جا می‌شود و افزایش شدت نیز از خود نشان می‌دهد.



بدون گلیکول و حرارت  
نمونه با گلیکول

نمونه حرارت داده شده در دمای ۴۰۰ درجه  
نمونه حرارت داده شده در دمای ۵۵۰ درجه

شکل ۱۰: جابه‌جایی و افزایش شدت پیک اصلی مونت‌موریلونیت