

## تبدیل آنالیز شیمیایی و مینرالی به یکدیگر

هدف‌های رفتاری: انتظار می‌رود هنرجو پس از پایان این فصل بتواند:

- ۱- با استفاده از فرمول شیمیایی چند کانی خالص، درصد اکسیدهای موجود در آن‌ها را تعیین کند.
- ۲- با استفاده از فرمول شیمیایی مینرال‌های موجود در ماده اولیه، درصد اکسیدهای موجود در آن را تعیین کند.
- ۳- با استفاده از درصد اکسیدهای موجود در مواد اولیه، درصد مینرال‌های موجود در آن را تعیین کند.

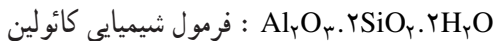
### ۱-۵- تعیین درصد اکسیدهای موجود در مواد اولیه با استفاده از فرمول کانی

آشنایی با ترکیب شیمیایی مواد اولیه، از اهمیت فراوانی برخوردار است. همواره پیش از مصرف یک ماده در فرآیند تولید، باید از ترکیب شیمیایی و مینرالی آن اطلاعات کافی داشته باشیم. برای مثال اگر از یک خاک فلدسپاتی در بدنه استفاده می‌کنیم، باید نوع فلدسپات و میزان آن را بدانیم و بدانیم ترکیب شیمیایی آن بویژه از نظر اکسیدهای قلیایی چگونه است. حال با چند مثال ساده نحوه‌ی محاسبه‌ی اجزای شیمیایی را از روی فرمول مینرالی ماده نشان می‌دهیم.

مثال ۱: درصد اکسیدهای تشکیل‌دهنده مینرال کائولین را محاسبه کنید.

حل:

ابتدا فرمول شیمیایی کائولین را می‌نویسیم و وزن مولکولی آن را محاسبه می‌کنیم.



$$\text{Al}_2\text{O}_3 \quad \text{وزن مولکولی} = 2 \times 27 + 3 \times 16 = 102$$

$$\text{SiO}_2 \quad \text{وزن مولکولی} = 28/1 + 2 \times 16 = 60/1$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad \text{وزن مولکولی} = 2 \times 1 + 16 = 18$$

$$\Rightarrow \text{وزن مولکولی کائولین} = 102 + (2 \times 60/1) + (2 \times 18) = 258/2$$

حال برای پیدا کردن درصد وزنی هریک از اجزا در یک مول کائولین، وزن مولکولی هر جزء را به وزن مولکولی کل مینرال، تقسیم کرده و حاصل را در صد ضرب می‌کنیم.

$$\text{Al}_2\text{O}_3 (* w\%) = \frac{102}{258/2} \times 100 = 39/50\%$$

$$\text{SiO}_2 (w\%) = \frac{(2 \times 60/1)}{258/2} \times 100 = 46/50\%$$

$$\text{H}_2\text{O} (w\%) = \frac{(2 \times 18)}{258/2} \times 100 = 14/00\%$$

پس بر اساس محاسبات بالا در هر مول کائولینیت خالص، ۳۹/۵٪ آلومینیوم اکسید، ۴۶/۵٪ سیلیسیم اکسید و ۱۴٪ آب (H<sub>2</sub>O) وجود دارد.

مثال ۲: درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) را محاسبه کنید.  
حل:

ابتدا فرمول شیمیایی ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) را می‌نویسیم و وزن مولکولی آن را محاسبه می‌کنیم.

فرمول شیمیایی ارتوکلاز:  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

$$\text{K}_2\text{O} \text{ وزن مولکولی} = 2 \times 39/1 + 16 = 94/2$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ وزن مولکولی} = 102$$

$$\text{SiO}_2 \text{ وزن مولکولی} = 60/1$$

$$\Rightarrow \text{وزن مولکولی ارتوکلاز} = 94/2 + 102 + (60/1 \times 6) = 556/8$$

$$\text{K}_2\text{O} \text{ درصد وزنی} = \frac{94/2}{556/8} \times 100 = 16/9\%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ درصد وزنی} = \frac{102}{556/8} \times 100 = 18/3\%$$

$$\text{SiO}_2 \text{ درصد وزنی} = \frac{360/6}{556/8} \times 100 = 64/8\%$$

مثال ۳: درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده‌ی مینرال آلبیت (فلدسپات سدیک) را محاسبه کنید.

فرمول شیمیایی آلبیت:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

$$\text{Na}_2\text{O} \text{ وزن مولکولی} = 2 \times 23 + 16 = 62$$

\*-w% را درصد وزنی بخوانید.

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 102 \text{ وزن مولکولی}$$

$$\text{SiO}_2 = 60/1 \text{ وزن مولکولی}$$

$$\Rightarrow \text{وزن مولکولی فلدسپات سدیک} = 62 + 102 + (6 \times 60/1) = 524/60$$

$$\text{Na}_2\text{O درصد وزنی} = \frac{62}{524/60} \times 100 = 11/80\%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 درصد وزنی} = \frac{102}{524/60} \times 100 = 19/4\%$$

$$\text{SiO}_2 درصد وزنی} = \frac{360/6}{524/60} \times 100 = 68/80\%$$

آموختیم که چگونه می‌توان از روی فرمول شیمیایی یا مولکولی یک ماده، درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن را محاسبه کنیم. معمولاً، مواد اولیه‌ای که در صنایع سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند، بیش از یک مینرال دارند. در چنین مواردی باید علاوه بر فرمول هر کانی، درصد آن را نیز در ماده‌ی اولیه بدانیم تا بتوانیم درصد اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن را به دست آوریم. به مثال ۴ توجه کنید.

**مثال ۴:** جدول ۱-۵ آنالیز مینرالی یک نمونه ماده اولیه رسی را نشان می‌دهد که این ماده اولیه شامل ۸۵ درصد وزنی کائولین، ۱۵ درصد ارتوکلاز (فلدسپات پتاسیک) است. درصد اکسیدهای مختلف موجود در این ماده اولیه را به دست آورید.

**حل:**

به طور تئوریک اجزای تشکیل‌دهنده‌ی هریک از مینرال‌های مذکور دارای مقادیر ذکر شده در جدول (۱-۵) هستند.

جدول ۱-۵- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مینرال‌های کائولین و فلدسپات پتاسیک

H <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	اکسید (%)
				مینرال
۱۴	-	۳۹/۵	۴۶/۵	کائولین
-	۱۶/۹	۱۸/۳	۶۴/۸	ارتوکلاز

با توجه به این که مینرال کائولین ۸۵٪ این ماده اولیه رسی را تشکیل می‌دهد، با استفاده از تناسب می‌توان میزان اکسیدهایی که همراه خود می‌آورد را بدین ترتیب محاسبه کرد. بنابراین درصد

هریک از مینرال‌های تشکیل دهنده‌ی این ماده اولیه را به عدد صد تقسیم کرده و سپس در درصد اکسیدهای موجود در آن مینرال ضرب می‌کنیم:

کائولین	درصد $\text{SiO}_2$
۱۰۰	۴۶/۵
۸۵	$x = \frac{۸۵}{۱۰۰} \times ۴۶/۵$

$$\text{کائولین (۸۵٪)}: \begin{cases} \text{SiO}_2 = ۴۶/۵ \times \frac{۸۵}{۱۰۰} = ۳۹/۵۳ \\ \text{Al}_2\text{O}_3 = ۳۹/۵ \times \frac{۸۵}{۱۰۰} = ۳۳/۵۸ \\ \text{H}_2\text{O} = ۱۴ \times \frac{۸۵}{۱۰۰} = ۱۱/۹ \end{cases}$$

$$\text{فلدسپات پتاسیک (۱۵٪)}: \begin{cases} \text{SiO}_2 = ۶۴/۸ \times \frac{۱۵}{۱۰۰} = ۹/۷۲ \\ \text{Al}_2\text{O}_3 = ۱۸/۳ \times \frac{۱۵}{۱۰۰} = ۲/۷۴ \\ \text{K}_2\text{O} = ۱۶/۹ \times \frac{۱۵}{۱۰۰} = ۲/۵۳ \end{cases}$$

سپس اعداد به دست آمده برای اکسیدهای مختلف را با هم جمع می‌کنیم:

$$\text{SiO}_2 = ۳۹/۵۳ + ۹/۷۲ = ۴۹/۲۵$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = ۳۳/۵۸ + ۲/۷۴ = ۳۶/۳۲$$

$$\text{K}_2\text{O} = ۰ + ۲/۵۳ = ۲/۵۳$$

$$\frac{\text{H}_2\text{O} = ۱۱/۹ + ۰ + ۰ = ۱۱/۹}{۱۰۰ \text{ (جمع اکسیدها)}}$$

هریک از مقادیر به دست آمده را می‌توان به عنوان درصد آن اکسید در ماده اولیه در نظر گرفت. مثال ۵: اگر ماده اولیه زنون نشسته از ۵۴٪ وزنی کوآرتز، ۴۳٪ وزنی کائولین و ۳٪ وزنی کلسیت تشکیل شده باشد، درصد اکسیدهای موجود در این ماده اولیه را محاسبه کنید.

**حل:**

به طور تئوریک اجزای تشکیل دهنده‌ی هریک از مینرال‌های مذکور دارای مقادیر ذکر شده در جدول (۲-۵) هستند.

جدول ۲-۵- اجزای تشکیل دهنده‌ی کوارتز، کائولین و کلسیت

CO <sub>۲</sub>	H <sub>۲</sub> O	CaO	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	SiO <sub>۲</sub>	اکسید (%) مینرال
-	-	-	-	۱۰۰	کوارتز
-	۱۴	-	۳۹/۵	۴۶/۵	کائولین
۴۴	-	۵۶/۱	-	-	کلسیت

حال همانند مثال قبل، درصدهای هریک از مینرال‌های تشکیل دهنده ماده اولیه را در درصد اکسیدهای تشکیل دهنده آن مینرال ضرب می‌کنیم:

$$\text{SiO}_2 = 100 \times \frac{54}{100} = 54/00 \quad \text{کوارتز (۵۴\%)}$$

$$\text{کائولین (۴۳\%)}: \begin{cases} \text{SiO}_2 = 46/50 \times \frac{43}{100} = 20 \\ \text{Al}_2\text{O}_3 = 39/50 \times \frac{43}{100} = 16/98 \\ \text{H}_2\text{O} = 14/00 \times \frac{43}{100} = 6/02 \end{cases}$$

$$\text{کلسیت (۳\%)}: \begin{cases} \text{CaO} = 56/10 \times \frac{3}{100} = 1/68 \\ \text{CO}_2 = 44/00 \times \frac{3}{100} = 1/32 \end{cases}$$

در این جا اعداد به دست آمده برای اکسیدهای مختلف را با هم جمع می‌کنیم:

$$\text{SiO}_2 = 54 + 20 + 0 = 74$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0 + 16/98 + 0 = 16/98$$

$$\text{CaO} = 0 + 0 + 1/68 = 1/68$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0 + 6/02 + 0 = 6/02$$

$$\text{CO}_2 = 0 + 0 + 1/32 = 1/32$$

$$\frac{\quad}{\quad} \quad \text{۱۰۰/۰۰ (جمع اکسیدها)}$$

هریک از مقادیر به دست آمده را می‌توان به عنوان درصد آن اکسید در ماده اولیه زنون نشسته در نظر گرفت.

## ۵-۲- تعیین درصد مینرال‌های موجود در ماده‌ی اولیه با استفاده از آنالیز شیمیایی

اگرچه تنها از روی محاسبات نمی‌توان به‌طور مطلق نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی مواد اولیه را به آنالیز مینرالی تبدیل کرد، اما تخمین نسبی آنالیز مینرالی از روی آنالیز شیمیایی یکی از روش‌هایی است که مدت‌ها در ارزیابی مواد اولیه‌ی مصرفی از آن استفاده می‌شده است. به یاد داشته باشید که به‌منظور تعیین کمی و کیفی مینرال‌های موجود در یک ماده اولیه، تنها روش‌های دستگاهی و میکروسکوپی از دقت و اعتبار کافی برخوردارند. متداول‌ترین این روش‌ها، استفاده از پراش اشعه ایکس است. با وجود آن‌چه گفته شد، در این قسمت با روش‌های محاسباتی آشنا می‌شویم که در گذشته با دقت قابل قبولی نیازهای استفاده‌کنندگان از آن‌ها را در تبدیل آنالیز شیمیایی به مینرالی برطرف کرده است.

همان‌طور که می‌دانید معمولاً آنالیز شیمیایی مواد را برحسب درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها بیان می‌کنند. مثلاً شکل ساده شده‌ی آنالیز شیمیایی کائولین قره‌آغاج در جدول (۵-۳) آورده شده است. با توجه به این که در یک ماده‌ی رسی این اجزای اکسیدی به شکل خالص وجود ندارند، از این‌رو دانستن ترکیب مینرالی آن از اهمیت خاصی برخوردار است. مینرال‌های اصلی تشکیل‌دهنده‌ی مواد اولیه‌ی رسی معمولاً عبارتند از: مواد رسی، فلدسپات، میکا و کوآرتز.

جدول ۵-۳- آنالیز شیمیایی ساده شده کائولین قره‌آغاج

نوع اکسید	SiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	CaO	L.O.I
درصد وزنی	۵۸/۰۰	۳۰/۰۰	۱/۰۰	۱۱/۰۰

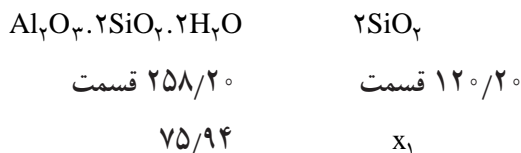
با استفاده از یک سری محاسبات ساده و با توجه به مقادیر آنالیز شیمیایی می‌توانیم آنالیز مینرالی تقریبی ماده اولیه موردنظر را تعیین کنیم. حال به مراحل و چگونگی این روش<sup>۲</sup> می‌پردازیم. با توجه به این که در آنالیز شیمیایی این ماده اولیه اکسید قلیایی وجود ندارد، پس می‌توان تمام Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> موجود را به حضور مینرال کائولین در ماده اولیه نسبت دهیم. با توجه به این موضوع چنین عمل می‌کنیم:

$$\begin{array}{r}
 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \\
 \text{قسمت } 258/2 \\
 \times \\
 \text{Al}_2\text{O}_3 \\
 \text{قسمت } 102 \\
 \hline
 \Rightarrow x = \frac{30 \times 258/2}{102} = 75/94
 \end{array}$$

۱- L.O.I مخفف عبارت Loss Of Ignition به معنی کاهش وزن در اثر حرارت

۲- به این روش در اصطلاح انگلیسی Rational Analysis گویند.

نتیجه‌ی حاصل از عمل تناسب‌بندی بیانگر این است که به ازای ۳۰ قسمت  $Al_2O_3$  موجود در ماده اولیه، ۷۵/۹۴ قسمت کائولین خواهیم داشت. همان‌طور که از فرمول شیمیایی مینرال کائولین دیده می‌شود، مقداری  $SiO_2$  در آن وجود دارد که اکنون میزان آن را محاسبه می‌کنیم.



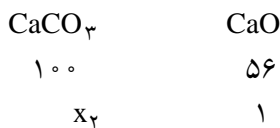
$$x_1 = \frac{75/94 \times 120/20}{258/20} = 35/35$$

(مقدار  $SiO_2$  موجود در ۷۵/۹۴ قسمت کائولین)

مقدار  $SiO_2$  موجود در آنالیز شیمیایی جدول (۳-۵) برابر با ۵۸ است که از این مقدار ۳۵/۳۵ قسمت در کائولین است بنابراین، بقیه‌ی  $SiO_2$  باید به‌صورت کوارتز در این ماده اولیه (قره‌آجاج) موجود باشد. پس خواهیم داشت:

$$\text{مقدار کوارتز} = 58/00 - 35/35 = 22/65$$

حال نوبت به  $CaO$  می‌رسد. وجود این اکسید در ماده اولیه، بیانگر وجود مینرالی کربناتی (مثلاً کلسیت) در خاک است:



$$\Rightarrow x_2 = \frac{100}{56} = 1/78$$

(مقدار کلسیت موجود در ماده اولیه)

حال مجموع مینرال‌ها را محاسبه می‌کنیم:

کائولین	۷۵/۹۴
+	
کوارتز	۲۲/۶۵
+	
کلسیت	۱/۷۸
	۱۰۰/۳۷

لازم به تذکر است که آنچه در این‌جا تحت عنوان مینرال کوارتز مطرح می‌شود، می‌تواند به‌صورت یکی دیگر از اشکال پلی‌مورف آن (مثلاً کریستوبالیت، کوارتز آزاد و ...) نیز، در ماده اولیه موجود باشد.

۱-۲-۵- محاسبه آنالیز مینرالی ماده اولیه رسی بر مبنای فلدسپات: در این روش فرض می‌کنیم که تمامی اکسیدهای قلیایی موجود در ترکیب شیمیایی ماده اولیه مورد نظر فقط ناشی از فلدسپات است. به عبارتی می‌توانیم از روی میزان اکسیدهای قلیایی به میزان فلدسپات موجود در ماده‌ی اولیه پی ببریم.

مثال ۶: آنالیز شیمیایی یک نوع خاک رس در جدول (۴-۵) نشان داده شده است. مقدار مینرال‌های موجود در این خاک را محاسبه کنید.

جدول ۴-۵

نوع اکسید	SiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	TiO <sub>۲</sub>	MgO	CaO	Na <sub>۲</sub> O	K <sub>۲</sub> O	کاهش وزن در اثر حرارت	جمع اکسیدها
درصد وزنی	۶۱/۳۰	۲۰/۲۰	۳/۴۰	۰/۲۰	۰/۲۴	۱/۰	۱/۰۵	۲/۳۵	۱۰/۹۰	۱۰۰/۶۴

حل:

معمولاً برای آسان‌تر کردن محاسبه، اگر مقدار درصد Na<sub>۲</sub>O موجود در آنالیز شیمیایی کوچک بوده و کمتر از K<sub>۲</sub>O موجود در آن بود، مجموع Na<sub>۲</sub>O و K<sub>۲</sub>O را به دست می‌آوریم و مجموع این دو اکسید را به وجود فلدسپات پتاسیم در خاک نسبت می‌دهیم و بالعکس.

$$K_2O + Na_2O = 2 / 35 + 1 / 0.5 = 3 / 40$$

بر اساس آنچه قبلاً دیدیم، می‌توانیم با استفاده از یک تناسب ساده مقدار فلدسپات پتاسیک موجود را به دست آوریم:

$$\begin{array}{r} K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \\ 94/2 \\ 3/40 \\ x \end{array} \qquad \begin{array}{r} K_2O \\ 94/2 \\ 3/40 \\ x \end{array}$$

$$\Rightarrow x = \frac{3/40 \times 556/8}{94/2}$$

$$\Rightarrow x = 20/09 \text{ مقدار فلدسپات پتاسیک}$$

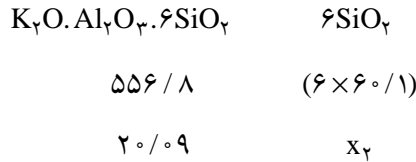
این مقدار فلدسپات بخشی از Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> و SiO<sub>۲</sub> موجود در آنالیز شیمیایی را نیز مصرف می‌کند.

$$\begin{array}{r} K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \\ 556/8 \\ 20/09 \\ 47 \end{array} \qquad \begin{array}{r} Al_2O_3 \\ 102 \\ x_1 \end{array}$$



$$\Rightarrow x_1 = \frac{20/09 \times 102}{556/8} \text{ (مقدار } Al_2O_3 \text{ موجود در } 20/09 \text{ قسمت فلدسپات پتاسیک)}$$

$$\Rightarrow x_1 = 3/68$$



$$\Rightarrow x_2 = \frac{20/09 \times 360/6}{556/8}$$

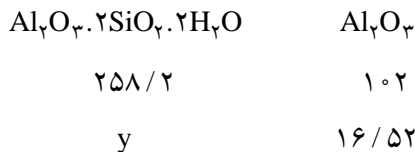
$$\Rightarrow x_2 = 13/01 \text{ (مقدار } SiO_2 \text{ موجود در } 20/09 \text{ قسمت فلدسپات پتاسیک)}$$

حال مقدار  $Al_2O_3$  باقی مانده در آنالیز شیمیایی را محاسبه می کنیم. سپس آن را به وجود کاتولین نسبت می دهیم.

$$= \text{(مقدار } Al_2O_3 \text{ ناشی از فلدسپات پتاسیک)} - \text{(مقدار } Al_2O_3 \text{ در آنالیز شیمیایی)}$$

$$\text{(مقدار } Al_2O_3 \text{ باقی مانده)}$$

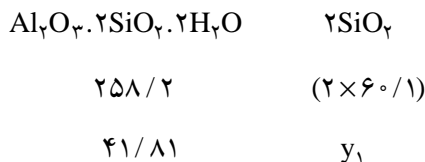
$$20/20 - 3/68 = 16/52$$



$$\Rightarrow y = \frac{16/52 \times 258/2}{102}$$

$$\Rightarrow y = 41/81 \text{ (مقدار کاتولین موجود در ماده اولیه)}$$

اکنون باید مجدداً مقدار  $SiO_2$  موجود در ۴۱/۸۱ قسمت کاتولین را نیز محاسبه کنیم:



$$\Rightarrow y_1 = \frac{41/81 \times 120/2}{258/2} \text{ (مقدار } SiO_2 \text{ موجود در } 41/76 \text{ قسمت کاتولین)}$$

$$\Rightarrow y_1 = 19/46$$

اکنون مجموع  $\text{SiO}_2$  موجود در فلدسپات پتاسیک و کائولین را از مقدار کل  $\text{SiO}_2$  (در آنالیز شیمیایی) کم می‌کنیم. باقی‌مانده  $\text{SiO}_2$  را به عنوان مینرال کوارتز منظور می‌کنیم.

$(\text{SiO}_2)$  موجود در فلدسپات پتاسیک +  $\text{SiO}_2$  موجود در کائولین) -  $\text{SiO}_2$  کل = کوارتز

$$\Rightarrow \text{کوارتز} = 61/30 - (19/46 + 13/01)$$

$$\Rightarrow \text{کوارتز} = 28/83$$

اطلاعات بعدی را از روی مقدار افت حرارتی به دست می‌آوریم. برای این منظور در مرحله اول، کاهش وزن بر اثر خروج آب مولکولی از مینرال کائولین را محاسبه می‌کنیم.



$$258/2 \quad (2 \times 18)$$

$$41/81 \quad y_2$$

$$y_2 = \frac{41/81 \times 36}{258/2}$$

$$\Rightarrow y_2 = 5/82 \quad (\text{افت حرارتی ناشی از خروج آب مولکولی از کائولین})$$

با کم کردن این مقدار کاهش وزن از کل کاهش وزن در آنالیز شیمیایی ماده اولیه، باقی‌مانده کاهش وزن که ناشی از خروج مواد آلی مثل  $\text{CO}_2$  و سایر مواد فرار خواهد بود، به دست می‌آید:

(افت حرارتی ناشی از خروج آب مولکولی کائولین) - (افت حرارتی کل) (افت حرارتی ناشی از خروج مواد آلی  $\text{CO}_2$  و سایر اجزای فرار) =

$$10/90 - 5/82 = 5/08$$

با توجه به کلیه مقادیر محاسبه شده، آنالیز مینرالی ماده اولیه مورد نظر به صورت جدول (۵-۵) می‌باشد.

### جدول ۵-۵

$\frac{100}{100/65 - 5/08} = 104.6$  در هریک از درصدها ضرب شود.

درصد وزنی بدون مواد فرار	درصد وزنی با مواد فرار	نوع ماده
43/73	41/81	کائولین
21/01	20/09	فلدسپات پتاسیک
30/16	28/83	کوارتز
3/56	3/40	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
0/21	0/20	$\text{TiO}_2$
0/25	0/24	$\text{MgO}$
1/05	1	$\text{CaO}$
0	5/08	ماده آلی، $\text{CO}_2$ و سایر مواد فرار
99/97	100/65	جمع

همانطور که مشاهده می کنید جمع نهایی به جمع اکسیدهای جدول (۴-۵) بسیار نزدیک است. با توجه به این که ماده آلی و سایر مواد فرآر در حین حرارت دادن از ماده اولیه خارج می شوند مرسوم است که مقدار آن ها از جمع مینرالی ماده اولیه حذف گردیده و مجموع باقیمانده ی مینرال ها و اکسیدها به عدد ۱۰۰ تبدیل شود. با توجه به توضیح بالا، اعداد موجود در ستون (درصد وزنی با مواد فرآر) جدول (۵-۵) با حذف مواد فرآر به صورت اعداد ستون درصد وزنی بدون مواد فرآر درمی آید.

۲-۲-۵- محاسبه آنالیز مینرالی ماده اولیه رسی بر مبنای میکا: پس از استفاده طولانی از روش محاسباتی بر مبنای فلدسپات، مطالعات انجام شده با استفاده از روش پراش اشعه ایکس، این ایده را مطرح ساخت که قلیایی های موجود، معمولاً ناشی از وجود میکا هستند. این ایده باعث شد که استفاده کنندگان روش محاسباتی تبدیل آنالیز شیمیایی به مینرالی مواد اولیه رسی، مبنای محاسبات خود را بر میکا استوار سازند. تمامی محاسبات انجام شده در این مورد مشابه روش ذکر شده در قسمت قبل است و تنها تفاوت نسبت دادن قلیایی ها به میکا به جای فلدسپات است.

مثال ۷: با در نظر گرفتن آنالیز شیمیایی موجود در جدول (۴-۵)، مینرال های موجود در این ماده اولیه را بر مبنای میکا محاسبه کنید.

حل: برای شروع محاسبات،  $K_2O$  موجود در آنالیز شیمیایی را ناشی از میکا پتاسیک و  $Na_2O$  را ناشی از میکا سدیک در نظر می گیریم.

$K_2O$	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ (میکا پتاسیک)
$94/2$	$796/8$
$2/35$	$x$
	$\Rightarrow x = \frac{2/35 \times 796/8}{94/2}$

(مقدار میکا پتاسیک ناشی از ۲/۳۵ درصد پتاسیم اکسید)  $x = 19/87$   
 حال مقدار  $Al_2O_3$  موجود در ۱۹/۸۷ قسمت میکای پتاسیک را محاسبه می کنیم.

$3Al_2O_3$	$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$
$(3 \times 102)$	$796/8$
$x_1$	$19/87$
	$\Rightarrow x_1 = \frac{19/87 \times 306}{796/8}$

$\Rightarrow x_1 = 7/63$

(مقدار  $Al_2O_3$  موجود در ۱۹/۸۷ قسمت میکای پتاسیک)

اکنون مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در ۱۹/۸۷ قسمت میکای پتاسیک را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{array}{r} \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \quad 6\text{SiO}_2 \\ 796/8 \quad (6 \times 60/1) \\ 19/87 \quad x_2 \\ \Rightarrow x_2 = \frac{19/87 \times 360/6}{796/8} \Rightarrow (\text{مقدار } \text{SiO}_2 \text{ موجود در } 19/87 \text{ قسمت میکای پتاسیک}) \\ x_2 = 8/99 \end{array}$$

اکنون مقدار میکای سدیک را محاسبه کنیم.

وزن مولکولی میکای سدیک ۷۶۴/۶

$$\begin{array}{r} \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \quad \text{Na}_2\text{O} \\ 764/6 \quad 62 \\ y \quad 1/05 \end{array}$$

$$\Rightarrow y = 12/94 (\text{مقدار میکای سدیک ناشی از } 1/05 \text{ درصد } \text{Na}_2\text{O})$$

اکنون، به ترتیب مقادیر  $\text{Al}_2\text{O}_3$  و  $\text{SiO}_2$  موجود در ۱۲/۹۴ قسمت میکای سدیک را محاسبه

می‌کنیم:

$$\begin{array}{r} \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \quad 3\text{Al}_2\text{O}_3 \\ 764/6 \quad (3 \times 102) \\ 12/94 \quad y_1 \\ \Rightarrow y_1 = \frac{12/94 \times 306}{764/6} = 5/17 (\text{مقدار } \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ موجود در میکای سدیک}) \end{array}$$

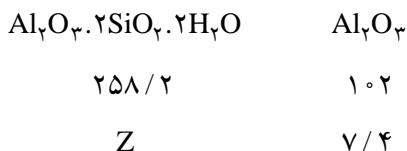
$$\begin{array}{r} \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \quad 6\text{SiO}_2 \\ 764/6 \quad (6 \times 60/1) \\ 12/94 \quad y_2 \\ \Rightarrow y_2 = \frac{12/94 \times 360/6}{764/6} = 6/10 (\text{مقدار } \text{SiO}_2 \text{ موجود در میکای سدیک}) \end{array}$$

در این جا مجموع  $\text{Al}_2\text{O}_3$  موجود در میکای پتاسیک و میکای سدیک را محاسبه می‌کنیم.

$$7/63 + 5/17 = 12/8$$

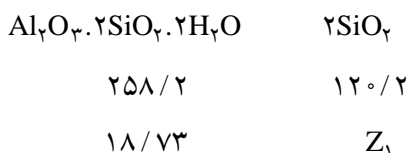
مقدار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  باقی‌مانده که آن را می‌توان به کاتولین ارتباط داد، برابر خواهد بود با:

$Al_2O_3$  (مجموع  $Al_2O_3$  موجود در میکای سدیک و پتاسیک)  $12/8 = 7/4$  (کل)  $Al_2O_3$   $20/20$  - بنابراین، مقدار کاتولین موجود در ماده اولیه برابر خواهد بود با:



$$\Rightarrow Z = \frac{7/4 \times 258/2}{102} = 18/73 \text{ (مقدار کاتولین موجود در ماده اولیه)}$$

مقدار  $SiO_2$  موجود در  $18/73$  قسمت کاتولین برابر خواهد بود با:

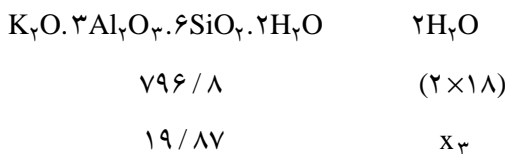


$$\Rightarrow Z_1 = \frac{18/73 \times 120/2}{258/2} = 8/72 \text{ (مقدار } SiO_2 \text{ موجود در کاتولین)}$$

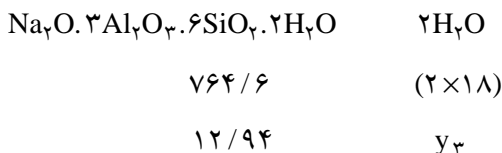
حال مقدار  $SiO_2$  موجود در هر یک از مینرال‌های میکای پتاسیک، میکای سدیک و کاتولین را با هم جمع می‌کنیم. با کم کردن عدد حاصله از  $SiO_2$  کل، مقدار مینرال کوارتز حاصل خواهد شد:

$$\text{(کوارتز)} \quad 61/30 - (8/99 + 6/10 + 8/72) = 37/49 \text{ (کل } SiO_2)$$

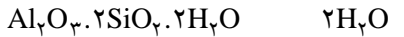
اکنون افت حرارتی حاصل از خروج آب مولکولی مینرال‌های میکای پتاسیک، میکای سدیک و کاتولین موجود در ماده اولیه را محاسبه می‌کنیم:



$$\Rightarrow x_3 = \frac{19/87 \times 36}{796/8} = 0/89 \text{ (آب مولکولی موجود در } 19/87 \text{ قسمت میکای پتاسیک)}$$



$$\Rightarrow y_3 = \frac{12/94 \times 36}{764/6} = 0/60 \text{ (آب مولکولی موجود در } 15/40 \text{ قسمت میکای سدیک)}$$



$$258/2 \quad (2 \times 18)$$

$$18/73 \quad Z_7$$

$$\Rightarrow Z_7 = \frac{18/73 \times 36}{258/2} = 2/61 \text{ (آب مولکولی موجود در } 15/93 \text{ قسمت کائولین)}$$

$$\Rightarrow 4/1 = 0/89 + 0/6 + 2/61$$

بنابراین، افت حرارتی ناشی از وجود مواد آلی، (CO<sub>2</sub>) و غیره برابر خواهد بود با:  
 $10/90 - (0/89 + 0/6 + 2/61) = 6/8$  (کل مواد فرآر در آنالیز شیمیایی)  
 در نتیجه آنالیز مینرالی محاسبه شده به صورت جدول (۵-۶) خواهد بود.

جدول ۵-۶

نوع ماده	قسمت وزنی
میکای پتاسیک	۱۹/۸۷
میکای سدیک	۱۲/۹۴
کائولین	۱۸/۷۳
کوارتز	۳۷/۴۹
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳/۴
TiO <sub>2</sub>	۰/۲
MgO	۰/۲۴
CaO	۱
مواد فرآر	۶/۸
جمع	۱۰۰/۶۷

در قسمت‌های قبل گفتیم که اگر مقدار Na<sub>2</sub>O موجود در ماده اولیه نسبت به K<sub>2</sub>O کوچک و قابل صرف نظر کردن باشد، مجموع مقادیر Na<sub>2</sub>O و K<sub>2</sub>O را به عنوان فلدسپات پتاسیک در نظر می‌گیریم. در صورتی که مقدار و نسبت این دو قلیایی به این صورت نباشد، باید Na<sub>2</sub>O را جداگانه به فلدسپات سدیک تبدیل کنیم. مثال ۸ بیانگر چنین حالتی است. برای صرفه‌جویی در وقت تنها به ذکر محاسبات بسنده کرده و از دادن توضیحات مجدد خودداری می‌کنیم.

مثال ۸: آنالیز شیمیایی ماده‌ی اولیه‌ای به صورت جدول (۷-۵) است، آنالیز مینرالی آن را محاسبه کنید.

جدول ۷-۵

جمع	افت حرارتی	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	نوع اکسید
۱۰۰	۴/۲۶	۴/۱۳	۳/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۳۱	۱۶/۵۴	۷۱/۴۴	درصد وزنی



$$556/8 \quad 94/2$$

$$x \quad 4/13$$

$$\Rightarrow x = \frac{4/13 \times 556/8}{94/2} = 24/41 \quad \text{مقدار فلدسپات پتاسیک موجود در ماده اولیه}$$



$$556/8 \quad 102$$

$$24/41 \quad x_1$$

مقدار Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> موجود در ۲۴/۴۱ قسمت فلدسپات پتاسیک

$$\Rightarrow x_1 = \frac{24/41 \times 102}{556/8} = 4/47$$

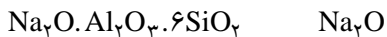


$$556/8 \quad (6 \times 60/1)$$

$$24/41 \quad x_2$$

مقدار SiO<sub>2</sub> موجود در ۲۴/۴۱ قسمت فلدسپات پتاسیک

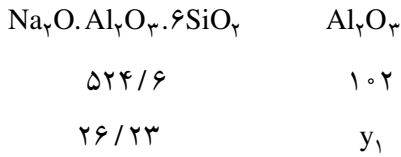
$$\Rightarrow x_2 = \frac{24/41 \times 360/6}{556/8} = 15/80$$



$$524/6 \quad 62$$

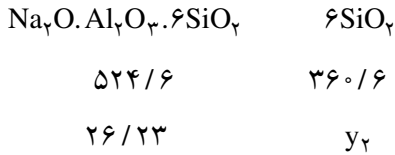
$$y \quad 3/10$$

$$\Rightarrow y = \frac{3/10 \times 524/6}{62} = 26/23 = \text{مقدار فلدسپات سدیک موجود در ماده‌ی اولیه}$$



مقدار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  موجود در  $26/23$  قسمت فلدسپات سدیک

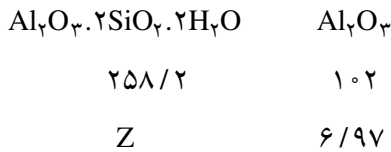
$$\Rightarrow y_1 = \frac{26/23 \times 102}{524/6} = 5/1$$



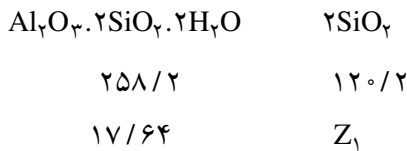
مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در  $26/23$  قسمت فلدسپات سدیک

$$\Rightarrow y_2 = \frac{26/23 \times 360/6}{524/6} = 18/0.3$$

مقدار  $\text{Al}_2\text{O}_3$  باقی مانده که باید به کائولین نسبت دهیم.  $= 16/54 - (4/47 + 5/1) = 6/97$



$$\Rightarrow Z = \frac{6/97 \times 258/2}{102} = 17/64 = \text{مقدار کائولین موجود در ماده اولیه}$$

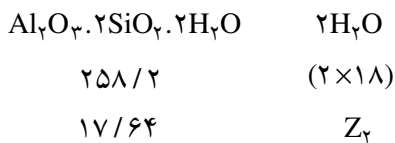


مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در  $17/64$  قسمت کائولین

$$\Rightarrow Z_1 = \frac{17/64 \times 120/2}{258/2} = 8/21$$

(مجموع  $\text{SiO}_2$  موجود در فلدسپات‌های پتاسیک و سدیک و کائولین) -  $\text{SiO}_2$  کل = کوارتز آزاد

$$\Rightarrow \text{کوارتز} = 71/44 - (15/80 + 18/0.3 + 8/21) = 29/4$$





مقدار آب مولکولی ناشی از کائولین موجود در ماده اولیه

$$\Rightarrow Z_p = \frac{17/64 \times 36}{258/2} = 2/45$$

مقدار افت حرارتی ناشی از خروج مواد آلی و سایر مواد فرآر

$$\Rightarrow \text{افت حرارتی} = 4/26 - 2/45 = 1/81$$

بنابراین، آنالیز مینرالی این ماده اولیه در جدول (۵-۸) آمده است.

جدول ۵-۸

قسمت وزنی	نوع کانی (مینرال)
۲۴/۴۱	فلدسپات پتاسیک
۲۶/۲۳	فلدسپات سدیک
۱۷/۶۴	کائولین
۲۹/۴	کوارتز
۰/۳۱	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
۰/۱۳	TiO <sub>۲</sub>
۰/۰۹	MgO
۱/۸۱	افت حرارتی
۱۰۰/۰۲	جمع

### تمرین

- ۱- درصد وزنی اکسیدهای آنورتیت (فلدسپات کلسیک) را محاسبه کنید.
- ۲- در صورتی که آنالیز مینرالی دو ماده اولیه A و B مطابق جدول (۵-۹) باشد، درصد اکسیدهای تشکیل دهنده‌ی این دو ماده اولیه را محاسبه کنید.

جدول ۵-۹

کوارتز	کربنات کلسیم	دولومیت	فلدسپات پتاسیک	میکای سدیک	کائولین	مینرال موجود
۱۰	-	۱۰	-	۱۰	۷۰	درصد موجود در ماده اولیه A
۲۰	۵	-	۱۰	-	۶۵	درصد موجود در ماده اولیه B

۳- آنالیز شیمیایی ماده اولیه‌ای در جدول (۵-۱۰) موجود است، درصد مینرال‌های موجود در این ماده اولیه را محاسبه کنید (مبنا را فلدسپات پتاسیک در نظر بگیرید).

جدول ۵-۱۰

L.O.I	(K <sub>۲</sub> O + Na <sub>۲</sub> O)	CaO	MgO	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	TiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	SiO <sub>۲</sub>	نوع اکسید
۷/۳	۱/۱	۰/۲۰	۰/۲۰	۱/۳۰	۲/۰۰	۱۹/۶۰	۶۸/۳۰	درصد وزنی

۴- آنالیز شیمیایی خاکی در جدول (۵-۱۱) موجود است، درصد کائولین، ارتوکلاز، آلبیت و کوآرتز موجود در این خاک را محاسبه کنید.

جدول ۵-۱۱

L.O.I	Na <sub>۲</sub> O	K <sub>۲</sub> O	CaO	MgO	Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	TiO <sub>۲</sub>	SiO <sub>۲</sub>	نوع اکسید
۲/۴	۳/۲۹	۳/۹۶	۱/۸۶	۰/۱۷	۰/۱۵	۱۶	۰/۱۰	۷۲/۰۷	درصد وزنی