فصل ششم

محاسبه آمیز بدنه براساس آنالیز مینرالی مواد اولیه

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

۱ــ آنالیز مینرالی برخی از بدنه‌های سرامیکی را بیان کند.

۲ــ با داشتن آنالیز مینرالی مواد اولیه و بدنه، درصد مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت بدنه را محاسبه کند.

۳ــ با مشخص‌بودن آمیز بدنه، آنالیز مینرالی آن را محاسبه کند.

مقدمه

در فصل پنجم با آنالیز مینرالی و نحوه‌ی محاسبه‌ی آنالیز مینرالی برخی مواد اولیه با استفاده از آنالیز شیمیایی آن‌ها آشنا شدیم. در این فصل ابتدا به ذکر آنالیز مینرالی تعدادی از بدنه‌های سرامیکی پرداخته و سپس خواهیم آموخت چگونه با داشتن آنالیز مینرالی مواد اولیه و آنالیز مینرالی بدنه، مقدار مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای ساخت بدنه محاسبه می‌شود. در جدول (۱ــ۶) آنالیز مینرالی برخی از بدنه‌های سرامیک آمده است.

جدول ۱ــ۶ــ ترکیب مینرالی برخی از بدنه‌های سرامیکی

ردیف	نام بدنه	٪ کائولین	٪ فلدسپات	٪ کوارتز
۱	چینی سخت استاندارد	۵۰	۲۵	۲۵
۲	چینی سفره	۵۰ ــ۴۷	۲۳ــ۲۰	۳۰ــ۲۷
۳	چینی هتل	۵۵ ــ۵۰	۲۳ــ۲۲	۲۸ــ۲۲
۴	چینی پخت و پز	۷۰ــ۶۰	۲۰	۲۰ــ۱۰
۵	چینی نرم استاندارد	۴۲ ــ۳۵	۳۵ــ۳۰	۳۰ــ۲۳
۶	چینی بهداشتی	۴۵	۳۰	۲۵
۷	بدل چینی فلدسپاتی	۵۵ ــ۴۰	۱۲ــ۳	۵۵ــ۳۵
۸	بدل چینی آهکی	۵۵ ــ۵۰	۱۰ــ ۵ (کلسیم کربنات)	۴۵ــ۳۵

در ادامه در جدول (۲ــ۶) آنالیز شیمیایی چند مینرال و در جدول (۳ــ۶) آنالیز مینرالی چند ماده اولیه آمده است.

جدول ۲ــ۶ــ آنالیز شیمیایی برخی از مینرال‌ها

اکسید / مینرال	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	CaO	H_2O	CO_2
کائولینیت	۴۶/۵	۳۹/۵	ــ	ــ	۱۴	ــ
ارتوکلاز	۶۴/۸	۱۸/۳	۱۶/۹	ــ	ــ	ــ
کوارتز	۱۰۰	ــ	ــ	ــ	ــ	ــ
کلسیت	ــ	ــ	ــ	۵۶	ــ	۴۴

جدول ۳ــ۶ــ آنالیز مینرالی برخی از مواد اولیه‌ی داخلی و خارجی

ماده اولیه	کائولین+میکا	فلدسپات	کوارتز	کلسیم‌کربنات	مواد آلی	Fe_2O_3	TiO_2	جمع
کائولین زنوز نشسته	۳۰ + ۱۰	۴/۸	۵۰	۵	ــ	۰/۱	۰/۱	۱۰۰
بال‌کلی ترکیه	۵۹ + ۲۰/۵	ــ	۱۴/۶	۱	۳	۱/۵	۰/۴	۱۰۰
فلدسپات بروجرد	ــ	۸۷/۸	۱۱	۱	ــ	۰/۱	۰/۱	۱۰۰
سیلیس همدان	ــ	ــ	۱۰۰	ــ	ــ	ــ	ــ	۱۰۰
خاک آبعلی	۱۰	۴۸	۴۰	ــ	ــ	۱/۵	۰/۵	۱۰۰

۱ــ۶ــ محاسبه درصد یکی از مواد اولیه خشک لازم برای ساخت بدنه‌ی مورد نظر

با استفاده از داده‌های جدول‌های (۱ــ۶)، (۲ــ۶) و (۳ــ۶) اقدام به محاسبه درصد مواد اولیه برای ساخت یک بدنه‌ی بدل چینی می‌گردد :

مثال ۱: مقدار فلدسپات بروجرد مورد نیاز جهت ساخت بدنه‌ی بدل‌چینی فلدسپاتی را با توجه به آنالیز مینرالی آمده در جدول ۴ــ۶ برحسب درصد پیدا کنید، درصورتی‌که از کائولین زنوز نشسته، بال‌کلی ترکیه، سیلیس همدان و خاک آبعلی به‌ترتیب به میزان ۶۸/۸، ۱۵، ۱۰/۱ و ۲ درصد استفاده شود.

جدول ۴ــ۶ــ آنالیز مینرالی بدنه‌ی بدل چینی فلدسپاتی

کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
۴۰	۱۲	۴۸

حل:

چون هدف تعیین درصد مواد اولیه است به‌طوری‌که مینرال‌های موردنیاز بدنه را تأمین کند، ابتدا مینرال‌های تشکیل‌دهنده‌ی مواد اولیه به سه مجموعه‌ی مینرالی یعنی کائولین، فلدسپات و کوارتز تبدیل می‌شود. یعنی مینرال‌های دارای خواص مشابه، با یکدیگر جمع می‌شوند (مثلاً نقش فلدسپات، کلسیم‌کربنات و آهن اکسید و تیتانیم‌اکسید در بدنه و در پخت مشابه بوده و به‌عنوان کمک ذوب می‌باشد). بنابراین در محاسبات مجموع درصد این مواد در ستون فلدسپات قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که چون بال‌کلی ترکیه در آنالیز مینرالی خود دارای مواد آلی است و ما می‌باید مواد آلی را از آنالیز مینرالی حذف کنیم، مجموعه‌ی مینرال‌های این ماده‌ی اولیه را در عدد $\frac{۱۰۰}{۱۰۰-۳}$ ضرب می‌کنیم، بدین ترتیب مجموع مینرال‌های همراه بال‌کلی ترکیه پس از حذف مواد آلی به عدد ۱۰۰ خواهد رسید و ما برای محاسبات خود از این اعداد جدید (که در جدول ۵ــ۶ آمده‌اند) استفاده می‌کنیم. در جدول ۵ــ۶ درصد مصرفی مواد اولیه آمده است و فقط میزان فلدسپات بروجرد مجهول است. با توجه به اینکه از کائولین زنوز نشسته به میزان ۶۸/۸ درصد برای ساخت بدنه‌ی بدل‌چینی استفاده می‌شود، با یک تناسب ساده می‌توان میزان مینرال‌هایی که با این مقدار ماده اولیه وارد آمیز بدنه می‌شوند را حساب کرد. مثلاً در مورد ستون مینرالی کائولین + میکا، با دانستن این نکته که هر ۱۰۰

جدول ۵ــ۶ــ خلاصه شده آنالیز مینرالی مواد اولیه

ماده اولیه	٪	کائولین + میکا	فلدسپات (کمک‌ذوب)	کوارتز
کائولین زنوز نشسته	۶۸/۸	۴۰	۱۰	۵۰
بال‌کلی ترکیه	۱۵	۸۲	۳	۱۵
فلدسپات بروجرد	x	۰	۸۹	۱۱
سیلیس همدان	۱۰	۰	۰	۱۰۰
خاک آبعلی	۲	۱۰	۵۰	۴۰
بدنه‌ی مورد نظر بدل‌چینی فلدسپاتی		۴۰	۱۲	۴۸

قسمت کائولین زنوز نشسته، ۴۰ قسمت کائولین + میکا دارد، می‌توان تناسب زیر را نوشت.

قسمت کائولین + میکا	قسمت کائولین زنوز نشسته
۴۰	۱۰۰
?	۶۸/۸

همانطورکه می‌دانید با طرفین وسطین‌کردن این تناسب، مقدار ؟ به صورت $\frac{۴۰\times۶۸/۸}{۱۰۰}=۲۷/۵۲$ به‌دست خواهد آمد. با نوشتن تناسب‌های مشابه برای دو ستون فلدسپات و کوارتز، مقدار این مینرال‌ها برای ۶۸/۸ درصد کائولین زنوز نشسته به‌ترتیب ۶/۸۸ و ۳۴/۴ به‌دست خواهد آمد. ضمناً برای مسائل این فصل اعداد را تا یک رقم بعد از اعشار گرد کنید که در این صورت اعداد ۲۷/۵، ۶/۹ و ۳۴/۴ را خواهیم داشت. با استفاده از همین روش و نوشتن تناسب‌های مشابه برای سایر مواد اولیه (که البته درصد مصرفی هریک از آن‌ها را) می‌توان مشخص کرد که به‌ازای مقدار مشخصی از هر ماده‌ی اولیه، چه مقدار از مینرال‌ها وارد بدنه خواهند شد. در مورد فلدسپات بروجرد که درصد مصرفی آن مجهول است نیز نحوه‌ی نوشتن تناسب‌ها به همین گونه است یعنی :

قسمت کوارتز	قسمت فلدسپات بروجرد	قسمت فلدسپات	قسمت فلدسپات بروجرد
۱۱	۱۰۰	۸۹	۱۰۰
$?=\frac{۱۱}{۱۰۰}x$	x	$?=\frac{۸۹}{۱۰۰}x$	x

با استفاده از اعداد به‌دست‌آمده، از تناسب‌ها، جدول ۶ــ۶ را رسم می‌کنیم (در تمامی مراحل حل مسأله دقت داشته باشید که برای هریک از مواد اولیه مجموع اعدادی که از تناسب‌ها به‌دست می‌آیند، برابر با درصد مصرفی آن ماده‌ی اولیه در بدنه باشند. مثلاً برای کائولین زنوز نشسته داریم : $۶۸/۸=۳۴/۴+۶/۹+۲۷/۵$)

جدول ۶ــ۶ــ درصد مینرال‌های موجود در درصد مصرفی هر ماده‌ی اولیه

ماده اولیه	درصد مصرفی	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
کائولین زنوز نشسته	۶۸/۸	۲۷/۵	۶/۹	۳۴/۴
بال کلی ترکیه	۱۵	۱۲/۳	۰/۴۵	۲/۲۵
فلدسپات بروجرد	x	۰	$\frac{۸۹}{۱۰۰}x$	$\frac{۱۱}{۱۰۰}x$
سیلیس همدان	۱۰/۱	۰	۰	۱۰/۱
خاک آبعلی	۲	۰/۲	۱	۰/۸
بدنه مورد نظر (بدل چینی فلدسپاتی)	۱۰۰	۴۰	۱۲	۴۸

برای این‌که بتوان با استفاده از مواد اولیه‌ی فوق، با درصدهای معلوم، بدنه‌ی بدل‌چینی فلدسپاتی ساخت، می‌بایست مجموع هریک از ستون‌های مینرالی جدول ۶ــ۶ برابر با آنالیز مینرالی بدنه‌ی بدل‌چینی شود. مثلاً در مورد ستون کائولین + میکا باید جمع اعداد آمده در ستون برابر ۴۰ و در مورد ستون فلدسپات و کوارتز به ترتیب برابر ۱۲ و ۴۸ شود، بنابراین

تساوی صحیح $۲۷/۵+۱۲/۳+۰/۲=۴۰$

معادله‌ی ۱ $۶/۸۸+۰/۴۵+\frac{۸۹}{۱۰۰}x+۱=۱۲$

معادله‌ی ۲ $۳۴/۴+۲/۲۵+\frac{۱۱}{۱۰۰}x+۱۰/۱+۰/۸=۴۸$

همین‌طورکه مشاهده می‌کنید از جمع کردن ستون‌ها به یک تساوی صحیح و دو معادله با یک مجهول (x) رسیدیم. از نظر ریاضی درصورتی که دو معادله با یک مجهول، دارای جواب باشد باید جواب به‌دست‌آمده از یکی از معادلات در معادله‌ی دیگری هم صدق کند، یعنی اگر x را با استفاده ازمعادله‌ی ۱ پیدا کردیم، اگر جواب حاصل را به جای x در معادله‌ی ۲ بگذاریم، باید تساوی صحیح به‌دست بیاید. ابتدا معادله‌ی ۱ را حل می‌کنیم :

$$۶/۸۸+۰/۴۵+\frac{۸۹}{۱۰۰}x+۱=۱۲$$

$$\frac{۸۹}{۱۰۰}x=۱۲-۶/۸۸-۰/۴۵-۱$$

$$\frac{۸۹}{۱۰۰}x=۳/۶۷$$

$$\boxed{x=۴/۱}$$

حال باید جواب به‌دست آمده برای x را در معادله‌ی ② امتحان کنیم به جای x عدد ۴/۱ را قرار می‌دهیم.

$$۳۴/۴+۲/۲۵+\frac{۱۱}{۱۰۰}\times۴/۱+۱۰/۱+۰/۸\stackrel{?}{=}۴۸$$

$$۴۸=۴۸$$

همان‌طورکه مشاهده می‌کنیم به یک تساوی درست رسیدیم پس جواب ۴/۱ برای معادلات ۱ و ۲ قابل قبول است. از طرف دیگر باید جمع درصدهای مصرفی مواد اولیه نیز ۱۰۰ شود، پس این مسأله را با قراردادن عدد ۴/۱ به جای درصد مصرفی فلدسپات بروجرد و جمع‌زدن درصدهای مصرفی جدول (۶ــ۶) امتحان می‌کنیم.

$$۶۸/۸+۱۵+۴/۱+۱۰/۱+۲\stackrel{?}{=}۱۰۰$$

$$۱۰۰=۱۰۰$$

بدین ترتیب درست‌بودن عدد به‌دست آمده کاملاً تأیید می‌شود.

لازم به ذکر است اگر به جای فلدسپات بروجرد که میزان مینرال‌های کائولین + میکا در آن صفر در نظر گرفته شده، یکی از مواد اولیه‌ی کائولین زنوز نشسته یا بال‌کلی ترکیه مجهول بودند، به جای دو معادله و یک مجهول، به‌سه معادله و یک مجهول می‌رسیدیم. در آن‌صورت از نظر ریاضی می‌بایست جواب به‌دست‌آمده از یکی از معادلات را در دو معادله‌ی دیگر امتحان می‌کردیم و اگر جواب هردو معادله‌ی دیگر را تبدیل به تساوی درست می‌کرد (همانند چیزی‌که برای معادله‌ی② اتفاق افتاد) جواب قابل قبول و در غیر این صورت جواب غیرقابل قبول خواهد بود.

در انتها مجدداً جدول (۶ــ۶) را به همراه اعداد به‌دست‌آمده رسم کرده و حاصل جمع ستون‌های فلدسپات و کوارتز را کنترل می‌نماییم. همان‌طورکه می‌بینید جمع اعداد حاصل، تقریباً برابر آنالیز مینرالی بدنه‌ی بدل‌چینی فلدسپاتی شده و بنابراین اعداد به‌دست‌آمده برای درصد مصرفی مواد اولیه قابل قبول است.

ماده اولیه	درصد مصرفی	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
کائولین زنوز نشسته	۶۸/۸	۲۷/۵	۶/۹	۳۴/۴
بال‌کلی ترکیه	۱۵	۱۲/۳	۰/۴۵	۲/۲۵
فلدسپات بروجرد	۴/۱	۰	$\frac{۸۹}{۱۰۰}\times ۴/۱$ $=۳/۶$	$\frac{۱۱}{۱۰۰}\times ۴/۱$ $=۰/۴۵$
سیلیس همدان	۱۰/۱	۰	۰	۱۰/۱
خاک آبعلی	۲	۰/۲	۱	۰/۸
جمع ستون‌ها	۱۰۰	۴۰	۱۱/۹۵	۴۸
بدنه مورد نظر (بدل چینی فلدسپاتی)		۴۰	۱۲	۴۸

۲ــ۶ــ محاسبه آنالیز مینرالی بدنه با آمیز مشخص

با توجه به آمیز که درصد مواد اولیه مورد استفاده در بدنه را نشان می‌دهد و مشخص‌بودن آنالیز مینرالی مواد اولیه، امکان محاسبه آنالیز مینرالی بدنه فراهم است، به مثال زیر توجه کنید.

مثال۲: آنالیز مینرالی بدنه‌ای را با کمک آنالیز مینرالی، مواد اولیه جدول (۷ــ۶) محاسبه نمایید.

جدول ۷ــ۶ــ آنالیز مینرالی مواد اولیه

	مینرال‌ها			
ماده اولیه	درصد مصرفی در بدنه	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
کائولین زدلیتز	۶۳	۹۵	۲	۳
زنوز نشسته	۲۲	۴۰	۱۰	۵۰
فلدسپات بروجرد	۱۴	۰	۸۹	۱۱
سیلیس همدان	۱	۰	۰	۱۰۰

حل:

با ضرب کردن درصد هر ماده اولیه در مینرال‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن به تفکیک مقدار هر مینرال وارد شده توسط آن ماده‌ی اولیه به بدنه مشخص می‌شود. در جدول (۸ــ۶) مقادیر مینرال‌های وارد شده توسط مواد اولیه به بدنه مشخص شده است. با جمع زدن مقادیر مینرال‌های هر ستون، آنالیز مینرالی بدنه به دست می‌آید.

جدول ۸ ــ۶ــ تعیین مقادیر مینرال‌های وارد شده به بدنه با معلوم بودن درصد مواد اولیه

ماده اولیه	درصد مصرفی	کائولین + میکا K+M	فلدسپات (F)	کوارتز (Q)	جمع
کائولین زدلیتز	۶۳	$۹۵\times\frac{۶۳}{۱۰۰}=۵۹/۹$	$۲\times\frac{۶۳}{۱۰۰}=۱/۲$	$۳\times\frac{۶۳}{۱۰۰}=۱/۹$	۶۳
زنوز نشسته	۲۲	$۴۰\times\frac{۲۲}{۱۰۰}=۸/۸$	$۱۰\times\frac{۲۲}{۱۰۰}=۲/۲$	$۵۰\times\frac{۲۲}{۱۰۰}=۱۱$	۲۲
فلدسپات بروجرد	۱۴	۰	$۸۹\times\frac{۱۴}{۱۰۰}=۱۲/۵$	$۱۱\times\frac{۱۴}{۱۰۰}=۱/۵$	۱۴
سیلیس همدان	۱	۰	۰	$۱۰۰\times\frac{۱}{۱۰۰}=۱$	۱
جمع(آنالیز مینرالی بدنه)	۱۰۰	۶۸/۷	۱۵/۹	۱۵/۴	۱۰۰

برای یادآوری

مروری بر حل معادلات: «سه معادله و سه مجهول»

با توجه به این‌که برای ساخت بدنه‌ای با آنالیز مینرالی معلوم و سه ماده اولیه با آنالیز مینرالی مشخص نیاز به حل دستگاه معادلات سه معادله و سه مجهول می‌باشد، مروری بر نحوه‌ی حل این‌گونه معادلات می‌شود. به مثال زیر توجه کنید :

مثال ۳: در دستگاه سه معادله زیر مجهول‌های x و y و z را بیابید.

$$\begin{cases} -3x+2y-z=0 & (1) \\ -2x+7y+3z=14 & (2) \\ x+3y-2z=7 & (3) \end{cases}$$

حل: برای یافتن مقادیر x، y و z ابتدا باید یکی از مجهول‌ها را براساس دو مجهول دیگر نوشته و با جای‌گذاری در دو معادله‌ی دیگر، دستگاه را به دو معادله و دو مجهول تبدیل کنیم. برای این کار از معادله‌ی (۱) استفاده کرده و z را برحسب x و y می‌یابیم :

$$z = 3x+2y$$

این مقدار z را در معادلات (۲) و (۳) توسط معادلش برحسب x و y جایگزین می‌نماییم.

$$\begin{matrix} -2x+7y+3(-3x+2y)=14 \\ x+3y-2(-3x+2y)=7 \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} 13y-11x=14 & (4) \\ 7x-y=7 & (5) \end{cases}$$

حال با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول (۴) و (۵)، مقادیر x و y را می‌یابیم. برای حل دستگاه می‌توان دو طرف معادله (۵) را در عدد ۱۳ (ضریب y در معادله ی (۴)) ضرب کرد تا معادله‌ی (۶) حاصل شود. سپس با جمع معادلات (۴) و (۶) و با توجه به قرینه بودن ضرایب y حذف خواهد شد و مجهول x بدست خواهد آمد.

$$\begin{cases} 13y-11x=14 \\ 13\times 7x-13y=13\times 7 \end{cases} \Rightarrow 80x=105 \ ، \ x=\frac{105}{80}=\frac{21}{16}$$

حال کافی است مقدار x را در یکی از معادلات (۴) یا (۵) قرار داده و y را بیابیم. مثلاً با جای‌گذاری در معادله‌ی (۵) داریم :

$$7x-y=7 \qquad 7\times\frac{21}{16}-y=7$$

$$\frac{147}{16}-7=y \qquad y=\frac{147-112}{16}=\frac{35}{16} \qquad y=\frac{35}{16}$$

با مشخص شدن دو مجهول x و y، کافی است مقادیر آن‌ها را در (۱) جایگزین کنیم.

$$z = 3x + 2y \qquad z = 3\times\frac{21}{16} + 2\times\frac{35}{16} = \frac{-63+70}{16} = \frac{7}{16} \qquad z = \frac{7}{16}$$

۳ــ۶ــ محاسبه درصد مواد اولیه خشک برای ساخت بدنه با آنالیز مینرالی مشخص

درنظر بگیرید برای ساخت نوع خاصی بدنه سرامیکی تعدادی مواد اولیه در اختیار دارید که آنالیز مینرالی بدنه و مواد اولیه مشخص هستند. برای این‌که بدانید چه مقدار از هر ماده اولیه لازم است تا مخلوط آن‌ها آنالیز مینرالی بدنه موردنظر را به شما بدهد، اغلب باید یک دستگاه معادلات چندمجهولی تشکیل داده و آن را حل کنید. برای توضیح بیش‌تر به جدول (۹ــ۶) دقت کنید.

جدول ۹ــ۶ــ آنالیز مینرالی مواد اولیه و بدنه

کد ماده اولیه (معلوم)	درصد ماده اولیه (مجهول)	آنالیز مینرالی (معلوم)			
		K + M	F	Q	جمع
A	a	K_a	F_a	Q_a	۱۰۰
B	b	K_b	F_b	Q_b	۱۰۰
C	c	K_c	F_c	Q_c	۱۰۰
M (بدنه)		K_m	F_m	Q_m	۱۰۰

فرض کنید برای ساخت بدنه M سه ماده اولیه A، B و C را در اختیار داریم. آنالیز مینرالی این سه ماده اولیه و بدنه نیز مشخص است. هدف، یافتن درصد مواد اولیه است که با مخلوط کردن آن‌ها بدنه مورد نظر حاصل شود. چون درصد مواد اولیه مجهول‌ها را تشکیل می‌دهند پس می‌توانیم معادلات زیر را تنظیم نموده و مقادیر مجهول مواد اولیه را a، b و c درنظر بگیریم. به‌عنوان مثال مینرال‌های موجود در a قسمت ماده‌ی اولیه A را می‌توان یافت. مقدار کائولین وارد شده توسط a قسمت ماده اولیه‌ی a :

قسمت ماده اولیه A	قسمت K + M
۱۰۰	K_a
a	$x = \frac{a \times K_a}{100}$

با تناسب‌های مشابه درمی‌یابیم که $\frac{b \times K_b}{۱۰۰}$ کائولین توسط ماده‌ی اولیه B و $\frac{c \times K_c}{۱۰۰}$ کائولین توسط ماده اولیه C به بدنه وارد می‌شود و باید جمع این مقادیر با K_m برابر شود. برای راحتی کار دو طرف معادله در ۱۰۰ ضرب می‌شوند با نوشتن معادلات مشابه برای فلدسپات و کوارتز دستگاه زیر را خواهیم داشت.

$$\begin{cases} a.K_a + b.K_b + c.K_c = K_m \times ۱۰۰ \\ a.F_a + b.F_b + c.F_c = F_m \times ۱۰۰ \\ a.Q_a + b.Q_b + c.Q_c = Q_m \times ۱۰۰ \end{cases}$$

بدیهی است که با حل این معادلات مجهول‌های a، b و c مشخص و درواقع درصد مواد اولیه تعیین می‌شود. برای واضح شدن بهتر سیستم معادلات و روش محاسبه اشاره شده مثالی آورده می‌شود.

مثال ۴: آنالیز مینرالی چینی سخت استاندارد عبارت است از : ٪ ۵۰ :K، ٪ ۲۵ :F و ٪ ۲۵ :Q برای ساخت این بدنه از چهار ماده اولیه کائولین زدلیتز (٪ a) زنوز نشسته (٪ b)، فلدسپات بروجرد (٪ c) و سیلیس همدان (٪ ۱۰) استفاده می‌شود. آنالیز مینرالی مواد اولیه اشاره شده و بدنه موردنظر در جدول (۱۰ــ۶) آورده شده است.

جدول ۱۰ــ۶ــ آنالیز مینرالی مواد اولیه و بدنه چینی سخت

نام ماده اولیه	درصد مصرفی	K	F	Q	Σ
کائولین زدلیتز	a	۹۵	۲	۳	۱۰۰
کائولین زنوز نشسته	b	۴۰	۱۰	۵۰	۱۰۰
فلدسپات بروجرد	c	۰	۸۹	۱۱	۱۰۰
سیلیس همدان	d = ۱۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
بدنه چینی سخت استاندارد		۵۰	۲۵	۲۵	۱۰۰

ابتدا دستگاه معادلات را می‌نویسیم :

$$\begin{cases} ۹۵a + ۴۰b + ۰ \times c + ۰ \times d = ۵۰ \times ۱۰۰ & (۱) \\ ۲a + ۱۰b + ۸۹c + ۰ \times d = ۲۵ \times ۱۰۰ & (۲) \\ ۳a + ۵۰b + ۱۱c + ۱۰۰d = ۲۵ \times ۱۰۰ & (۳) \end{cases}$$

چون در بدنه مشخصاً از ٪۱۰ سیلیس همدان استفاده می‌شود پس می‌توانیم به جای d عدد ۱۰ را قرار دهیم در نتیجه خواهیم داشت :

$$۹۵a+۴۰b=۵۰۰۰ \qquad (۴)$$

$$۲a+۱۰b+۸۹c=۲۵۰۰ \qquad (۵)$$

$$۳a+۵۰b+۱۱c+۱۰۰\times۱۰=۲۵۰۰\rightarrow ۳a+۵۰b+۱۱c=۱۵۰۰ \qquad (۶)$$

اگر از معادله ۱مقدار b را برحسب a یافته در معادلات بعدی (۵ و۶) b را توسط آن جایگزین کنیم دو معادله و دو مجهول حاصل خواهد شد.

$$۹۵a+۴۰b=۵۰۰۰ \quad b=\frac{۵۰۰۰-۹۵a}{۴۰} \qquad (۷)$$

$$\begin{cases} ۲a+۱۰\times\dfrac{۵۰۰۰-۹۵a}{۴۰}+۸۹c=۲۵۰۰ & (۸) \\ ۳a+۵۰\times\dfrac{۵۰۰۰-۹۵a}{۴۰}+۱۱c=۱۵۰۰ & (۹) \end{cases}$$

$$\begin{cases} ۲a+۱۲۵۰-۲۳/۷۵a+۸۹c=۲۵۰۰ \\ ۳a+۶۲۵۰-۱۱۸/۷۵a+۱۱c=۱۵۰۰ \end{cases} \quad \begin{matrix} ۱۱ \\ -۸۹ \end{matrix} \quad \begin{cases} -۲۱/۷۵a+۸۹c=۱۲۵۰ \\ -۱۱۵/۷۵a+۱۱c=-۴۷۵۰ \end{cases}$$

$$\begin{cases} -۲۳۹/۲۵a+۹۷۹c=۱۳۷۵۰ \\ ۱۰۳۰۱/۷۵a-۹۷۹c=۴۲۲۷۵۰ \end{cases} + \Rightarrow ۱۰۰۶۲/۵a=۴۳۶۵۰۰\rightarrow \boxed{a=۴۳/۴٪}$$

$$\frac{۵۰۰۰-۹۵a}{۴۰}=\boxed{b=۲۱/۹٪}$$

با قراردادن a و b در معادله‌ی شماره ۲ :

$$\begin{cases} ۲a+۱۰b+۸۹c+۰\times d=۲۵۰۰ \\ ۲\times۴۳/۴+۱۰\times۲۱/۹+۸۹c=۲۵۰۰ \\ ۸۹c=۲۱۹۴/۲ \end{cases}$$

$\boxed{c=۲۴/۷}$ $\quad d=۱۰٪$: داریم

$$a+b+c+d=۴۳/۴+۲۱/۹+۲۴/۷+۱۰=۱۰۰$$

حال می‌توانیم جواب‌های حاصل از حل معادلات را برای اطمینان از صحیح بودن آن‌ها مورد بررسی قرار دهیم. برای این کار باید درصد مربوط به هر بدنه را در آنالیز مینرالی آن ضرب کرده و

سپس مینرال‌های یکسان را با هم جمع کنیم. حاصل‌ضرب درصد ماده اولیه در مینرال‌های تشکیل‌دهنده آن مقدار هر مینرال در ماده اولیه را نشان می‌دهد. با جمع اعداد هر ستون در جدول (۱۱ــ۶) مقدار مینرال آن ستون به‌دست می‌آید که باید با مقدار مینرال مورد نیاز بدنه چینی سخت استاندارد هم‌خوانی داشته باشد.

در ردیف پایین جدول (۱۱ــ۶) که جمع ستون مینرال‌ها را نشان می‌دهد، آنالیز مینرالی بدنه چینی سخت که بدنه پیشنهادی برای این مثال بود، حاصل شده است.

جدول۱۱ــ۶ــ محاسبه آنالیز مینرالی بدنه به کمک درصد مصرفی مواد اولیه و آنالیز مینرالی

نام ماده اولیه	درصد مصرفی	درصد مصرفی × آنالیز مینرالی			جمع
کائولین زدلیتز	۴۳/۴	$\frac{۴۳/۴}{۱۰۰}\times ۹۵ = ۴۱/۲$	$\frac{۴۳/۴}{۱۰۰}\times ۲ = ۰/۹$	$\frac{۴۳/۴}{۱۰۰}\times ۳ = ۱/۳$	۱۰۰
کائولین‌زنوزنشسته	۲۱/۹	$\frac{۲۱/۹}{۱۰۰}\times ۴۰ = ۸/۸$	$\frac{۲۱/۹}{۱۰۰}\times ۱۰ = ۲/۲$	$\frac{۲۱/۹}{۱۰۰}\times ۵۰ = ۱۱$	۱۰۰
فلدسپات بروجرد	۲۴/۷	$\frac{۲۴/۷}{۱۰۰}\times ۰ = ۰$	$\frac{۲۴/۷}{۱۰۰}\times ۸۹ = ۲۲$	$\frac{۲۴/۷}{۱۰۰}\times ۱۱ = ۲/۷$	۱۰۰
سیلیس همدان	۱۰	$\frac{۱۰}{۱۰۰}\times ۰ = ۰$	$\frac{۱۰}{۱۰۰}\times ۰ = ۰$	$\frac{۱۰}{۱۰۰}\times ۱۰۰ = ۱۰$	۱۰۰
جمع	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۵	۱۰۰

مثال ۶: در معادلات مثال ۵ به جای ٪ ۱۰ سیلیس همدان ٪ ۲۲ از این ماده اولیه به‌کار گرفته شده و اقدام به محاسبه می‌نماییم.

$$۹۵a + ۴۰b = ۵۰۰۰$$

$$۲a + ۱۰b + ۸۹c = ۲۵۰۰$$

$$۳a + ۵۰b + ۱۱c + ۱۰۰\times ۲۲ = ۲۵۰۰ \qquad ۳a + ۵۰b + ۱۱c = ۳۰۰$$

همان‌طورکه می‌بینید ۳ معادله و ۳ مجهول a، b و c داریم. برای حل، از معادله‌ی ۱ مقدار b را برحسب مجهول a به‌دست آورده و در معادلات شماره ۲ و ۳ به‌جای b جایگزین می‌کنیم.

$$\begin{cases} ۹۵a + ۴۰b = ۵۰۰۰ & \text{معادله‌ی ۱} \quad \Rightarrow b = \dfrac{۵۰۰۰ - ۹۵a}{۴۰} \\ ۲a + ۱۰b + ۸۹c = ۲۵۰۰ & \text{معادله‌ی ۲} \quad ۲a + ۱۰\times\dfrac{۵۰۰۰ - ۹۵a}{۴۰} + ۸۹c = ۲۵۰۰ \\ ۳a + ۵۰b + ۱۱c = ۳۰۰ & \text{معادله‌ی ۳} \quad ۳a + ۵۰\times\dfrac{۵۰۰۰ - ۹۵a}{۴۰} + ۱۱c = ۳۰۰ \end{cases}$$

حال دو معادله و دو مجهول فوق را ساده می‌کنیم و به دستگاه معادلات زیر دست می‌یابیم.

$$\begin{aligned} &۲a+۱۲۵۰-۲۳/۷۵a+۸۹c=۲۵۰۰ \\ &۳a+۶۲۵۰-۱۱۸/۷۵a+۱۱c=۳۰۰ \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} -۲۱/۷۵a+۸۹c=۱۲۵۰ \\ -۱۱۵/۷۵a+۱۱c=-۵۹۵۰ \end{cases}$$

برای حل دستگاه فوق می‌توان با ضرب‌کردن معادله‌ی بالایی در عدد ۱۱ و ضرب‌کردن معادله‌ی پایینی در عدد ۸۹– ، ضرایب c را در دو معادله برابر و قرینه‌ی یکدیگر نمود، حال با جمع‌کردن دو معادله، مجهول c حذف می‌شود.

$$\begin{matrix} ۱۱\times \\ -۸۹\times \end{matrix} \begin{cases} -۲۱/۷۵a+۸۹c=۱۲۵۰ \\ -۱۱۵/۷۵a+۱۱c=-۵۹۵۰ \end{cases} \qquad \begin{aligned} &-۲۳۹/۲۵a+۹۷۹c=۱۳۷۵۰ \\ &\underline{+\ ۱۰۳۰۱/۷۵a-۹۷۹c=۵۲۹۵۵۰} \\ &۱۰۰۶۲/۵a=۵۴۳۳۰۰ \Rightarrow \boxed{a=۵۳/۹۹} \end{aligned}$$

$$a \simeq ۵۴$$

از جای‌گذاری a در معادله‌ی ۱ مقدار b به‌دست خواهد آمد.

$$b=\frac{۵۰۰۰-۹۵\times ۵۴}{۴۰}=-۳/۲۵ \qquad \boxed{b=-۳/۲۵}$$

برای پیداکردن مقدار c کافی است مقادیر به‌دست‌آمده برای a و b را در یکی ازمعادلات شماره‌ی②یا شماره‌ی③جایگزین کنیم. در این‌جا مقادیر b و a را در معادله‌ی② قرار می‌دهیم، خواهیم داشت :

$$۲\times ۵۱/۵+۱۰\times -۳/۲۵+۸۹c=۲۵۰۰$$

$$\begin{aligned} &۸۹c=۲۵۰۰-۷۰/۵ \\ &۸۹c=۲۴۲۹/۵ \\ &\boxed{c=۲۷/۳} \end{aligned}$$

$$\boxed{a=۵۴} \qquad \boxed{b=-۳/۲۵} \qquad \boxed{c=۲۷/۳} \qquad \boxed{d=۲۲}$$

ملاحظه می‌شود که با انتخاب مقدار نامناسب سیلیس همدان جواب یکی از مجهول‌ها ($b=-۳/۲۵$) منفی شد. نتیجه می‌شود جواب حاصل برای مجهول‌ها باید همواره مثبت باشد و درصورت منفی شدن جواب ِیک، دو و ... مجهول امکان ساخت بدنه موردنظر به‌کمک مواد اولیه انتخاب شده وجود ندارد. جواب‌های به‌دست آمده برای a، b، c و d را در جدولی مشابه جدول (۱۱ـ۶) با توجه به آنالیز مینرالی مواد اولیه وارد نموده و بررسی نمایید که آیا حاصل جمع ستون مینرال‌ها همان آنالیز مینرال چینی سخت است یا خیر؟

در مثال بعدی نتیجه انتخاب نادرست مواد اولیه که منجر به جواب غیرمنطقی معادلات می‌شود را مشاهده می‌کنید.

مثال ۶: برای ساخت بدنه چینی پخت و پز از مواد اولیه زنوز نشسته، فلدسپات بروجرد و سیلیس همدان استفاده شده است درصد لازم از هر ماده‌ی اولیه را بیابید.

حل:

جدول آنالیز مینرالی مواد اولیه و بدنه را تشکیل می‌دهیم.

جدول ۱۲ــ۶ــ آنالیز مینرالی مواد اولیه و بدنه چینی پخت و پز

ماده اولیه	درصد	K+M	F	Q	جمع
زنوز نشسته	a	۴۰	۱۰	۵۰	۱۰۰
فلدسپات بروجرد	b	۰	۸۹	۱۱	۱۰۰
سیلیس همدان	c	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
چینی پخت و پز		۶۵	۲۰	۱۵	۱۰۰

همان‌گونه که در مثال‌های قبلی آموخته‌ایم، دستگاه معادلات را تشکیل می‌دهیم.

$$\begin{cases} ۴۰a+۰\times b+۰\times c=۶۵\times ۱۰۰ \\ ۱۰\times a+۸۹\times b+۰\times c=۲۰\times ۱۰۰ \\ ۵۰\times a+۱۱b+۱۰۰c=۱۵\times ۱۰۰ \end{cases} \qquad \Rightarrow ۴۰a=۶۵۰۰$$

$$\boxed{a=\frac{۶۵۰۰}{۴۰}=۱۶۲/۵}$$

$$۱۰\times ۱۶۲/۵+۸۹b=۲۰۰۰\Rightarrow ۸۹b=۳۷۵$$

$$\boxed{b=۴/۲}$$

$$۵۰\times ۱۶۲/۵+۱۱\times ۴/۲+۱۰۰c=۱۵۰۰$$

$$۸۱۲۵+۴۶/۲+۱۰۰c=۱۵۰۰$$

$$\boxed{c=-۶۶/۷}$$

ملاحظه می‌شود که مقدار a عددی بزرگ‌تر از ۱۰۰ و مقدار c منفی شده است که هر دو غیرمنطقی هستند و این موضوع نشان می‌دهد بدنه‌ی چینی پخت و پز با مواد اولیه‌ی انتخابی نمی‌تواند ساخته شود.

۴ــ۶ــ محاسبه‌ی درصد مواد اولیه مرطوب برای ساخت بدنه بدل‌چینی فلدسپاتی

مواد اولیه سرامیکی براساس زمان (فصل) و مکان جغرافیایی دارای رطوبت‌های متفاوتی می‌باشند، که محاسبه و تعیین رطوبت مواد اولیه مهم می‌باشد، اصولاً آنالیزهای مینرالی مطرح برای بدنه‌های مختلف سرامیکی براساس مصرف مواد اولیه‌ی خشک شده در $۱۰۰^{\circ}C$ طراحی شده‌اند. حضور آب فیزیکی همراه مواد اولیه و عدم توجه به آن باعث بروز تغییرات در آنالیز مینرالی پس از پخت خواهد شد.

همان‌طورکه می‌دانید جهت ساخت هر بدنه و برای انواع مختلف شکل‌دادن سرامیک‌ها رطوبت‌های متفاوتی نیاز داریم. به‌طور مثال جهت ساخت دوغاب حدود ۵۰ــ۳۵ درصد آب (بدون روانساز) و بین ۲۵ تا ۳۵ درصد آب (همراه با روانساز) نیاز می‌باشد لذا تعیین و مشخص‌نمودن آب همراه یک ماده اولیه می‌تواند تأثیر به‌سزایی روی میزان آب لازم برای ساخت دوغاب داشته باشد و بی‌توجهی به آن می‌تواند علاوه‌بر به‌هم‌ریختن آنالیز مینرالی، رفتار جریانی (رئولوژیکی) دوغاب را تحت‌الشعاع قرار دهد.

مثال۷: در مثال ۱ با توجه به نتایج جدول(۶ــ۶)، رطوبت بر مبنای خشک زنوز نشسته، رطوبت بر مبنای تر بال‌کلی ترکیه و فلدسپات بروجرد به ترتیب ۷درصد، ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد. مقدار لازم هر ماده‌ی اولیه را با توجه به درصد رطوبت آن‌ها محاسبه نمایید.

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای خشک} = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن خشک}} \times ۱۰۰$$

حل:

برای یافتن درصد رطوبت، همان‌گونه که در آزمایشگاه مواد اولیه با روش اندازه‌گیری آن آشنا شدید، ابتدا وزن تر را اندازه‌گیری می‌کنند. سپس ماده اولیه را در خشک‌کن و در دمای $۱۰۵ \pm ۵^{\circ}C$ قرار می‌دهند تا زمانی که کم شدن وزن ماده دیگر اتفاق نیفتد و وزن ماده ثابت گردد (معمولاً چندین ساعت با توجه به میزان رطوبت و دانه‌بندی مواد اولیه نیاز به ماندن در خشک‌کن است). ماده اولیه پس از خروج از خشک‌کن و خنک شدن تا دمای محیط دوباره توزین شده و وزن خشک را می‌یابند. با استفاده از فرمول فوق درصد رطوبت بر مبنای خشک محاسبه می‌شود. چون درصد رطوبت بر مبنای خشک کائولین زنوز نشسته۷درصد می‌باشد، این بدان معنی است که مازاد بر ۱۰۰ قسمت زنوز نشسته‌ی خشک، ۷ قسمت آب وجود دارد و مینرال‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن ۱۰۰ قسمت می‌باشد. بنابراین می‌توان مقدار رطوبت همراه با ۶۸/۸ قسمت زنوز نشسته خشک را با یک تناسب پیدا کرد.

قسمت رطوبت بر مبنای خشک	قسمت کائولین زنوز خشک
۷	۱۰۰
x	۶۸/۸

آب همراه با ۶۸/۸ قسمت زنوز نشسته خشک $x = \frac{۷ \times ۶۸/۸}{۱۰۰} = ۴/۸g$

بنابراین مقدار زنوز نشسته‌ی مرطوب برای تأمین ۶۸/۸ قسمت زنوز نشسته خشک ۶۸/۸ + ۴/۸ = ۷۳/۶ به‌دست می‌آید. با نوشتن تناسب فوق به این نتیجه رسیدیم که برای تأمین ۶۸/۸ درصد زنوز نشسته خشک درواقع ۷۳/۶ درصد زنوز نشسته مرطوب (٪۷ رطوبت بر مبنای خشک) لازم است.

در ادامه محاسبه مقدار رطوبت همراه با ۱۵ قسمت بال‌کلی ترکیه خشک با ٪۵ رطوبت بر مبنای تر انجام می‌شود :

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای تر} = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن تر}} \times ۱۰۰$$

ماده خشک موجود در ۱۰۰ قسمت بال‌کلی ترکیه مرطوب ٪۹۵ = ۵ − ۱۰۰

قسمت بال‌کلی مرطوب	قسمت ماده خشک
۱۰۰	۹۵
x	۱۵

قسمت $x = \frac{۱۵ \times ۱۰۰}{۹۵} = ۱۵/۸g$

پس در واقع باید از ۱۵/۸قسمت بال‌کلی ترکیه با رطوبت ٪۵ بر مبنای تر برای تأمین ۱۵قسمت بال‌کلی خشک استفاده کرد.

برای محاسبه‌ی مقدار مرطوب فلدسپات بروجرد، همانند بال‌کلی ترکیه عمل می‌شود.

برای حل مثال‌های فوق راه دیگری نیز وجود دارد با استفاده از فرمول درصد رطوبت بر پایه خشک می‌توانید وزن تر را بدین ترتیب به‌دست آورید :

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای خشک} = \frac{\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}}{\text{وزن خشک}} \times ۱۰۰$$

درصد رطوبت[۱] بر پایه خشک : M_d $\qquad M_d ٪ = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times ۱۰۰$

وزن تر[۲] به گرم : W_w

وزن خشک[۳] به گرم : W_d

۱ــ Moistare

۲ــ حرف «W» از کلمه‌ی «weight» به معنی وزن و «w» از کلمه‌ی «wet» به معنی مرطوب آمده است.

۳ــ حرف «W» از کلمه‌ی «weight» و حرف «d» از «dry» به معنی خشک آمده است.

$$M_d.W_d = (W_w - W_d)\times ۱۰۰ = ۱۰۰W_w - ۱۰۰W_d$$

$$M_d.W_d = ۱۰۰W_w - ۱۰۰W_d \Rightarrow \boxed{W_w = \frac{M_d.W_d + ۱۰۰W_d}{۱۰۰}}$$

با استفاده از فرمول حاصله مثال را حل می‌کنیم :

$$M_d ٪ = ۷ \quad W_d = ۶۸/۸ \quad W_w = ?$$

$$W_w = \frac{۷\times ۶۸/۸ + ۱۰۰\times ۶۸/۸}{۱۰۰} = ۷۳/۶g \text{ قسمت}$$

تمرین

۱ــ برای ساخت یک‌صد کیلوگرم بدنه‌ی سرامیکی از سه ماده‌ی اولیه A، B و C استفاده می‌شود. درصد مصرفی این مواد اولیه در بدنه به ترتیب ٪ ۴۳/۲، ٪ ۳۸/۷ و ٪ ۱۸/۱ است. اگر بدانیم درصد رطوبت بر پایه تر ماده‌ی اولیه A، ۸ درصد، ماده‌ی اولیه B، ۴درصد و درصد رطوبت بر پایه خشک ماده اولیه C، ۳ درصد است، مقدار مورد نیاز از هریک از مواد اولیه را تعیین کنید.

۲ــ درصد مواد اولیه برای تهیه یک بدنه‌ی کاشی دیواری در جدول زیر آمده است. آنالیز مینرالی و نوع این بدنه‌ی سرامیکی را مشخص کنید.

جدول ۱۳ــ۶

ماده اولیه	درصد مصرفی	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
زنوز نشسته	۵۰	۴۰	۱۰	۵۰
بال‌کلی ترکیه	۴۰	۸۲	۳	۱۵
فلدسپات بروجرد	۱/۵	۰	۸۹	۱۱
سیلیس همدان	۳/۵	۰	۰	۱۰۰
خاک آبعلی	۵	۱۰	۵۰	۴۰
بدنه M	۱۰۰	؟	؟	؟

۳ــ با داشتن فرمول درصد رطوبت بر مبنای تر :

الف ــ فرمول مربوط به وزن تر را از این فرمول استخراج کنید.

ب ــ مقدار بال‌کلی مرطوب ترکیه و فلدسپات بروجرد مرطوب (جدول ۱۳ــ۶) را با استفاده از فرمولی که یافته‌اید، با درنظر گرفتن درصد رطوبت بر مبنای تر ٪۵ برای هر دو ماده اولیه بیابید.

۴ــ آنالیز مینرالی مواد اولیه A، B و C در جدول (۱۴ــ۶) آمده است. آنالیز مینرالی خلاصه‌شده‌ی مواد اولیه را مشخص نمایید (ستون‌ها با توجه به خواص مشابه مینرال‌ها به سه ستون $K+M$ ، F و Q خلاصه شود).

جدول ۱۴ــ۶

ماده اولیه	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز	کلسیم‌کربنات	مواد آلی	Fe_2O_3	TiO_2	جمع
A	۵ +۲۸	۱۲	۴۰	۴	۹	۱	۱	۱۰۰
B	ــ	۸۳	۱۵	۱/۷	ــ	۰/۱	۰/۲	۱۰۰
C	۱۴	۴۵	۳۵/۵	۲	ــ	۱/۵	۲	۱۰۰

۵ ــ با محاسبه نشان دهید که آیا می‌توان برای ساخت بدنه چینی سفره با آنالیز مینرالی $K+M=۴۷$ ، $F=۲۳$ و $Q=۳۰$ از سه ماده اولیه زنوز نشسته، فلدسپات بروجرد و خاک آبعلی مطابق آنالیز آمده در جدول استفاده کرد یا خیر؟

جدول ۱۵ــ۶

ماده اولیه	درصد مصرفی	کائولین + میکا	فلدسپات	کوارتز
زنوز نشسته	؟	۴۰	۱۰	۵۰
فلدسپات بروجرد	؟	۰	۸۹	۱۱
خاک آبعلی	؟	۱۰	۵۰	۴۰
بدنه چینی سفره		۴۷	۲۳	۳۰

۶ــ درصد وزنی آمیز بدنه‌ی ارتن‌وری به صورت جدول (۱۶ــ۶) است. درصورتی که در توزین بال‌کلی شماره (۱) و بال‌کلی شماره (۲) جابجا شود، چه تغییری درآنالیز مینرالی بدنه حاصل می‌شود. تغییرات ایجاد شده در آنالیز مینرالی را محاسبه کنید. آنالیز مینرالی بال‌کلی شماره (۱) و (۲)، فلینت و فلدسپات در جدول (۱۷ــ۶) آمده است.

جدول ۱۶ــ۶

نوع خاک	بال کلی شماره (۱)	بال کلی شماره(۲)	کوارتز (فلینت)	فلدسپات
درصد وزنی	۳۰	۳۰	۳۵	۵

جدول ۱۷ــ۶

نوع مواد اولیه	(٪) کائولین	(٪) فلدسپات	(٪) کوارتز
بال کلی شماره (۱)	۷۶/۳	۱۰/۸	۱۲/۹
بال کلی شماره (۲)	۷۲/۰	۱۲/۱	۱۵/۹
فلدسپات	۱۴/۰	۶۷/۲	۱۸/۸
فلینت	۰	۲	۹۸

۷ــ با استفاده از جدول **۱۷ــ۶** درصد مواد اولیه مورد نیاز را برای ساخت بدنه چینی بهداشتی با آنالیز مینرالی $K+M=45$٪ ، $F=30$٪ و $Q=25$٪ مشخص نمایید. (بدون استفاده از سیلیس همدان)