فصل هفتم

محاسبه فرمول زگر لعاب

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

۱ــ با استفاده از فرمول زگر، درصد اکسیدهای موجود در لعاب را محاسبه کند.

۲ــ فرمول زگر را با استفاده از درصد اکسیدهای موجود در آمیز محاسبه کند.

مقدمه

برای نشان دادن آمیز لعاب، روش‌های مختلفی وجود دارد. متداول‌ترین این روش‌ها عبارتند از :

الف ــ برحسب درصد وزنی مواد اولیه لعاب

ب ــ برحسب درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن

ج ــ برحسب نسبت‌های مولی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن (فرمول‌زگر)

۱ــ۷ــ آمیز لعاب برحسب مواد اولیه تشکیل‌دهنده‌ی آن

در این روش صرفاً با ذکر نام مواد مصرفی و نسبت‌های به کار رفته، آمیز لعاب را معرفی می‌کنیم. مثلاً می‌گوییم آمیز یک لعاب چینی بهداشتی عبارتست از :

نوع ماده	مقدار (٪)
فلدسپات سدیک	۲۷/۰
کوارتز	۲۶/۴
کلسیم کربنات	۱۹/۰
کائولین	۱۰/۴
روی اکسید	۲/۲
زیرکونیم سیلیکات	۱۲/۰
رنگ زرد	۳/۰

بدیهی است که در چنین حالتی، نام تجارتی ماده اولیه نیز باید ذکر شود (مثلاً نوشته شود فلدسپات‌سدیم زنجان، کوارتز همدان،کلسیم کربنات ازنا و ...) زیرا همان‌طورکه می‌دانید هر یک از مواد اولیه مذکور از آنالیز شیمیایی خاص خود برخوردار است.

۲ــ۷ــ آمیز لعاب برحسب درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن

در این روش آمیز لعاب به صورت درصد وزنی اکسیدهای موجود در آن معرفی می‌شود. مثلاً می‌گوییم آمیز یک لعاب بور و سیلیکاتی عبارتست از :

اکسید	مقدار (درصد وزنی)
SiO_2	۵۰/۱۹
Al_2O_3	۱۴/۳۶
CaO	۶/۳۹
MgO	۰/۳۹
Na_2O	۱۰/۲۰
B_2O_3	۱۸/۴۷

۳ــ۷ــ آمیز لعاب به صورت فرمول زگر

پیش از پرداختن به این روش ذکر این نکته ضروری است که به کاربردن لفظ فرمول مولی در این‌جا قراردادی است و ارائه یا ذکر چنین فرمول‌هایی به معنی وجود چنین گروه‌ها و آرایش‌های مولکولی در طبیعت نیست. با استفاده از فرمول‌های مولی **(فرمول زگر)** لعاب، مبنای مناسبی برای مقایسه خواص و رفتار لعاب‌های مختلف به وجود می‌آوریم. در این روش، فرض می‌کنیم که بعضی از مواد مورد استفاده خالص هستند و در نتیجه مبنای محاسبات خود را بر پایه فرمول تئوری آن‌ها استوار خواهیم کرد.

با توجه به آن‌چه گفته شد،اکنون روش محاسبه فرمول مولی (زگر) لعاب را توضیح می‌دهیم. برای انجام این کار سه مرحله را باید طی کرد. این سه مرحله عبارتند از :

۱ــ با تقسیم درصد وزنی هر اکسید به وزن مولکولی آن، نسبت مولی لعاب را به‌دست می‌آوریم.

۲ــ مجموع مولی اکسیدهای بازی (۱ و ۲ ظرفیتی) را به دست می‌آوریم.

۳ــ هر یک از مقادیر محاسبه شده در مرحله اول را به مجموع مولی اکسیدهای بازی

تقسیم می‌کنیم. در نتیجه مجموع مولی این اکسیدها برابر با ۱ خواهد شد.

مثال ۱ : درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده‌ی لعابی[1] در جدول (۱ــ۷) نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱ــ۷ــ درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده نوعی لعاب

نوع اکسید	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	B_2O_3
درصد وزنی	۵۰/۲۰	۱۴/۳۶	۶/۴۰	۰/۴۰	۱۰/۲۰	۱۸/۵۰

حل:

الف ــ همان‌طورکه گفته شد، ابتدا درصد وزنی هر یک از اجزای لعاب را به وزن مولکولی آن تقسیم می‌کنیم.

$SiO_2 : ۵۰/۲۰ \div ۶۰/۱ = ۰/۸۳۵$

$Al_2O_3 : ۱۴/۳۶ \div ۱۰۲ = ۰/۱۴۰$

$CaO : ۶/۴۰ \div ۵۶/۱ = ۰/۱۱۴$

$MgO : ۰/۴۰ \div ۴۰/۳ = ۰/۰۰۹۹ \simeq ۰/۰۱$

$Na_2O : ۱۰/۲۰ \div ۶۲ = ۰/۱۶۴$

$B_2O_3 : ۱۸/۵۰ \div ۶۹/۶ = ۰/۲۶۵$

ب ــ مجموع مولی اکسیدهای بازی را به دست می‌آوریم و سپس هر یک از مقادیر به دست آمده در قسمت (الف) را به این مجموع تقسیم می‌کنیم. با این عمل مجموع اکسیدهای بازی برابر با ۱ خواهد شد.

$CaO + MgO + Na_2O = ۰/۱۱۴ + ۰/۰۱۰ + ۰/۱۶۴ = ۰/۲۸۸$

$SiO_2 : ۰/۸۳۵ \div ۰/۲۸۸ = ۲/۸۹۹$

$Al_2O_3 : ۰/۱۴۰ \div ۰/۲۸۸ = ۰/۴۸۶$

$CaO : ۰/۱۱۴ \div ۰/۲۸۸ = ۰/۳۹۵$

$MgO : ۰/۰۱۰ \div ۰/۲۸۸ = ۰/۰۳۴۷$

۱ــ این لعاب به دلیل داشتن بوراکسید که ترکیبات معدنی آن محلول در آب هستند، باید به صورت فریت مورد استفاده قرار گیرد.

$Na_2O : ۰/۱۶۴ \div ۰/۲۸۸ = ۰/۵۶۹$

$B_2O_3 : ۰/۲۶۵ \div ۰/۲۸۸ = ۰/۹۲۰$

ج ــ حال اعداد به دست آمده را به صورت (ز ــ ۱)[۱] می‌نویسیم :

$$\begin{cases} CaO \quad ۰/۳۹۵ \\ MgO \quad ۰/۰۳۵ \\ Na_2O \quad \dfrac{۰/۵۶۹}{۰/۹۹۹ \simeq ۱} \end{cases} \qquad Al_2O_3 \quad ۰/۴۸۶ \qquad \begin{cases} SiO_2 \quad ۲/۸۹۹ \\ B_2O_3 \quad ۰/۹۲۰ \end{cases} \qquad (ز - ۱)$$

همان‌طورکه مشاهده می‌کنید با انجام این عملیات، مجموع مولی ستون اول (اکسیدهای بازی) برابر با ۱ می‌شود. پیشنهادهای مختلفی برای چیدن اکسیدهای متفاوت وجود دارد مثلاً عده‌ای عقیده دارند که باید اکسیدهای بازی در ستون اول، آلومینیوم اکسید در ستون دوم و اکسیدهای اسیدی در ستون سوم قرار گیرند. بوراکسید به علت خواص اسیدی زیر سیلیس قرار می‌گیرد. در حالی که برخی دیگر عقیده دارند که بوراکسید را به خاطر شباهت ظرفیتی و برخی اثرات ویژه‌ی دیگر باید در ستون دوم (یعنی زیر آلومینیوم اکسید) قرار داد. در این کتاب نحوه‌ی چیده شدن اکسیدها براساس نظریه اول است.

مثال ۲: یک بچ لعاب از ۳۴۳/۴ قسمت وزنی سرب بی‌سیلیکات ($PbO.۲SiO_2$) ، ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین و ۳۰/۰ قسمت وزنی سیلیس تشکیل شده است. فرمول زگر این لعاب را محاسبه کنید.

حل:

برای محاسبه فرمول زگر این لعاب، ابتدا باید درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن را به‌دست آورد.

مقدار SiO_2 موجود در ۳۴۳/۴ قسمت سرب بی‌سیلیکات

$PbO.۲SiO_2$	$۲SiO_2$
۳۴۳/۴	۱۲۰/۲
۳۴۳/۴	x_1

$$\Rightarrow x_1 = \frac{۳۴۳/۴ \times ۱۲۰/۲}{۳۴۳/۴} = ۱۲۰/۲$$

۱ــ منظور از (ز ــ ۱) فرمول زگر شماره ۱ است.

مقدار PbO موجود در ۳۴۳/۴ قسمت وزنی سرب بی‌سیلیکات

$PbO.2SiO_2$ PbO

۳۴۳/۴ ۲۲۳/۲

۳۴۳/۴ y_1

$$\Rightarrow y_1 = \frac{۳۴۳/۴ \times ۲۲۳/۲}{۳۴۳/۴} = ۲۲۳/۲$$

مقدار SiO_2 موجود در ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین

$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ $2SiO_2$

۲۵۸/۲ ۱۲۰/۲

۵۱/۶ x_2

$$\Rightarrow x_2 = \frac{۵۱/۶ \times ۱۲۰/۲}{۲۵۸/۲} = ۲۴/۰۲$$

مقدار Al_2O_3 موجود در ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین

$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ Al_2O_3

۲۵۸/۲ ۱۰۲

۵۱/۶ y_2

$$\Rightarrow y_2 = \frac{۵۱/۶ \times ۱۰۲}{۲۵۸/۲} = ۲۰/۳۸$$

مقدار SiO_2 موجود در ۳۰/۰ قسمت وزنی سیلیس

SiO_2 (سیلیس) SiO_2

۶۰/۱ ۶۰/۱

۳۰/۰ x_3

$$\Rightarrow x_3 = \frac{۳۰/۰ \times ۶۰/۱}{۶۰/۱} = ۳۰/۰$$

حال مجموع هریک از اکسیدهای موجود را به دست می‌آوریم.

$SiO_2 : ۱۲۰/۲ + ۲۴/۰۲ + ۳۰/۰ = ۱۷۴/۲۲$

$Al_2O_3 : ۲۰/۳۸$

$PbO : ۲۲۳/۲$

برای یافتن درصد هر یک از اکسیدها ابتدا مقادیر به‌دست آمده برای اکسیدها را با هم جمع کرده و سپس مقدار هر اکسید را به مجموع به‌دست آمده تقسیم می‌کنیم.

$۱۷۴/۲۲ + ۲۰/۳۸ + ۲۲۳/۲ = ۴۱۷/۸$

$SiO_۲ = ۴۱/۶۹٪$

$Al_۲O_۳ = ۴/۸۷٪$

$PbO = ۵۳/۴۲٪$

در این قسمت با توجه به آن‌چه تاکنون گفته شده است، فرمول زگر لعاب را محاسبه می‌کنیم.

$SiO_۲ : ۴۱/۶۹ \div ۶۰/۱ = ۰/۶۹۳$

$Al_۲O_۳ : ۴/۸۷ \div ۱۰۲ = ۰/۰۴۷$

$PbO : ۵۳/۴۲ \div ۲۲۳/۲ = ۰/۲۳۹$

اکنون با توجه به این‌که تنها اکسید بازی موجود در این لعاب PbO است،هر یک از مقادیر به‌دست آمده در قسمت قبل را به ۰/۲۳۹ تقسیم می‌کنیم، تا مجموع مولی اکسید بازی در فرمول به واحد تبدیل شود.

$SiO_۲ : ۰/۶۹۳ \div ۰/۲۳۹ = ۲/۸۹۹$

$Al_۲O_۳ : ۰/۰۴۷ \div ۰/۲۳۹ = ۰/۱۹۶$

$PbO : ۰/۲۳۹ \div ۰/۲۳۹ = ۱/۰۰۰$

پس فرمول زگر این لعاب به صورت فرمول (ز ــ۲) می‌شود :

(ز ــ۲) $PbO\ ۱/۰۰۰ \quad Al_۲O_۳\ ۰/۱۹۶ \quad SiO_۲\ ۲/۸۹۹$

مثال ۳: بچ لعابی از ۲۱/۶۳ قسمت وزنی فلدسپات پتاسیک، ۲۳/۴۵ قسمت وزنی کائولین، ۵۳/۰۸ قسمت وزنی کوارتز و ۹/۱۰ قسمت وزنی کلسیم کربنات تشکیل شده است. فرمول زگر این لعاب را محاسبه کنید.

حل: همانند مثال قبل باید ابتدا درصد اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی این لعاب را محاسبه کنیم.

مقدار $SiO_۲$ موجود در ۲۱/۶۳ قسمت وزنی فلدسپات پتاسیک :

$K_۲O \cdot Al_۲O_۳ \cdot ۶SiO_۲ \qquad ۶SiO_۲$

$۵۵۶/۸ \qquad ۳۶۰/۶$

$۲۱/۶۳ \qquad x_۱$

$$\Rightarrow x_۱ = \frac{۲۱/۶۳ \times ۳۶۰/۶}{۵۵۶/۸} = ۱۴/۰۰$$

مقدار Al_2O_3 موجود در ۲۱/۶۳ قسمت وزنی فلدسپات پتاسیک :

$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ $\quad$ Al_2O_3

۵۵۶/۸ $\quad$ ۱۰۲

۲۱/۶۳ $\quad$ y_1

$$\Rightarrow y_1 = \frac{۲۱/۶۳ \times ۱۰۲}{۵۵۶/۸} = ۳/۹۶$$

مقدار K_2O موجود در ۲۱/۶۳ قسمت وزنی فلدسپات پتاسیک :

$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ $\quad$ K_2O

۵۵۶/۸ $\quad$ ۹۴/۲

۲۱/۶۳ $\quad$ z_1

$$\Rightarrow z_1 = \frac{۲۱/۶۳ \times ۹۴/۲}{۵۵۶/۸} = ۳/۶۶$$

مقدار SiO_2 موجود در ۲۳/۴۵ قسمت وزنی کائولین :

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ $\quad$ $2SiO_2$

۲۵۸/۲ $\quad$ ۱۲۰/۲

۲۳/۴۵ $\quad$ x_2

$$\Rightarrow x_2 = \frac{۲۳/۴۵ \times ۱۲۰/۲}{۲۵۸/۲} = ۱۰/۹۱$$

مقدار Al_2O_3 موجود در ۲۳/۴۵ قسمت وزنی کائولین :

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ $\quad$ Al_2O_3

۲۵۸/۲ $\quad$ ۱۰۲

۲۳/۴۵ $\quad$ y_2

$$\Rightarrow y_2 = \frac{۲۳/۴۵ \times ۱۰۲}{۲۵۸/۲} = ۹/۲۶$$

$CaCO_3$ $\quad$ CaO

۱۰۰/۱ $\quad$ ۵۶/۱

۹/۱۰ $\quad$ x_3

مقدار CaO موجود در ۹/۱ قسمت وزنی کلسیم کربنات :

$$\Rightarrow x_3 = \frac{۹/۱۰ \times ۵۶/۱}{۱۰۰/۱} = ۵/۱۰$$

حال مجموع هر یک از اکسیدها را به دست می‌آوریم.
(مقدار ۵۳/۰۸ مربوط به کوارتز می‌باشد)

$SiO_2 : ۱۴+۱۰/۹۱+۵۳/۰۸+۰=۷۷/۹۹ \simeq ۷۸$

$Al_2O_3 : ۳/۹۶+۹/۲۶+۰+۰=۱۳/۲۲$

$K_2O : ۳/۶۶+۰+۰+۰=۳/۶۶$

مقدار CaO موجود در ۹/۱ قسمت وزنی کلسیم کربنات :

$CaO : ۰+۰+۰+۵/۱۰=۵/۱۰$

اکنون برای به دست آوردن فرمول زگر، مقدار هر اکسید را به وزن مولکولی آن تقسیم می‌کنیم.

$SiO_2 : ۷۸ \div ۶۰/۱=۱/۲۹۷$

$Al_2O_3 : ۱۳/۲۲ \div ۱۰۲=۰/۱۲۹$

$K_2O : ۳/۶۶ \div ۹۴/۲=۰/۰۳۸۸ \simeq ۰/۰۳۹$

$CaO : ۵/۱۰ \div ۵۶/۱=۰/۰۹۰۹ \simeq ۰/۰۹۱$

اکنون مجموع اکسیدهای بازی را به دست می‌آوریم و سپس هر یک از اعداد به دست آمده در قسمت قبل را بر آن تقسیم می‌کنیم.

$K_2O + CaO = ۰/۰۳۹+۰/۰۹۱=۰/۱۳۰$

$SiO_2 : ۱/۲۹۷ \div ۰/۱۳۰=۹/۹۷۷$

$Al_2O_3 : ۰/۱۲۹ \div ۰/۱۳۰=۰/۹۹۲$

$K_2O : ۰/۰۳۹ \div ۰/۱۳۰=۰/۳۰۰$

$CaO : ۰/۰۹۱ \div ۰/۱۳۰=۰/۷۰۰$

پس فرمول زگر این لعاب عبارتست از :

$$\begin{cases} K_2O & ۰/۳۰۰ \\ CaO & ۰/۷۰۰ \end{cases} \quad Al_2O_3 \quad ۰/۹۹۲ \qquad SiO_2 \quad ۹/۹۷۷$$

تمرین

۱ــ درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی لعابی به صورت جدول (۲ــ۷) است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۲ــ۷

اکسیدها	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	B_2O_3
مقدار (٪)	۵۷/۱۰	۱۰/۵۲	۵/۲۰	۱/۰۲	۱۱/۱۰	۱۶/۰۶

۲ــ فرمول زگر (زــ۳) موجود است،درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی این لعاب را محاسبه کنید.

Na_2O ۰/۱۴۰

K_2O ۰/۰۹۰

CaO ۰/۶۲۵ Al_2O_3 ۰/۳۰۰ SiO_2 ۲/۸۰۰ (ز ــ۳)

PbO ۰/۱۴۵

۳ــ درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی یک لعاب به صورت جدول (۳ــ۷) است.

جدول ۳ــ۷

اکسیدها	SiO_2	Al_2O_3	PbO	K_2O
مقدار (٪)	۵۱/۶۰	۸/۷۰	۳۳/۶۰	۶/۱۰

الف ــ مقادیر لازم کائولین، سرب بی‌سیلیکات، فلدسپات پتاسیک و کوارتز برای تأمین این آنالیز را محاسبه کنید (در این‌جا نیز کلیه مواد خالص در نظر گرفته شود).

ب ــ فرمول زگر این لعاب را محاسبه کنید.

۴ــ مقادیر بچ دو لعاب شماره (۱) و (۲) موجود است. فرمول زگر این دو لعاب را با یکدیگر مقایسه کنید.

لعاب شماره (۱):
- سرب مونوسیلیکات $PbO.SiO_2$ ۸۰/۱۱ kg
- کائولین ۴/۹۵ kg
- کوارتز ۲/۸۹ kg

لعاب شماره (۲):
- سرب سفید $PbO(OH)_2.2PbCO_3$ ۶۵/۰۰kg
- کائولین ۱۰/۰۰ kg
- کوارتز ۲۰/۰۰ kg