

### محاسبه فرمول زگر لعاب

- هدف‌های رفتاری: انتظار می‌رود هنرجو پس از پایان این فصل بتواند:
- ۱- با استفاده از فرمول زگر، درصد اکسیدهای موجود در لعاب را محاسبه کند.
  - ۲- 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 - برحسب درصد وزنی مواد اولیه لعاب
- ب - برحسب درصد وزنی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن
- ج - برحسب نسبت‌های مولی اکسیدهای تشکیل‌دهنده‌ی آن (فرمول زگر)

**۱-۷- 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 تجاری ماده اولیه نیز باید ذکر شود (مثلاً نوشته شود فلدسپات سدیم زنجان، کوارتز همدان، کلسیم کربنات ازنا و ...). زیرا همان طور که می دانید هر یک از مواد اولیه مذکور از آنالیز شیمیایی خاص خود برخوردار است.

## ۲-۷- آمیز لعاب برحسب درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده آن

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

اکسید	مقدار (درصد وزنی)
SiO <sub>2</sub>	۵۰/۱۹
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۴/۳۶
CaO	۶/۳۹
MgO	۰/۳۹
Na <sub>2</sub> O	۱۰/۲۰
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۸/۴۷

## ۳-۷- آمیز لعاب به صورت فرمول زگر

پیش از پرداختن به این روش ذکر این نکته ضروری است که به کاربردن لفظ فرمول مولی در این جا قراردادی است و ارائه یا ذکر چنین فرمول هایی به معنی وجود چنین گروه ها و آرایش های مولکولی در طبیعت نیست. با استفاده از فرمول های مولی (فرمول زگر) لعاب، مبنای مناسبی برای مقایسه خواص و رفتار لعاب های مختلف به وجود می آوریم. در این روش، فرض می کنیم 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 می دهیم. برای انجام این کار سه مرحله را باید طی کرد. این سه مرحله عبارتند از :

۱- با تقسیم درصد وزنی هر اکسید به وزن مولکولی آن، نسبت مولی لعاب را به دست می آوریم.

۲- مجموع مولی اکسیدهای بازی (۱ و ۲ ظرفیتی) را به دست می آوریم.

۳- 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<sup>۱</sup> در جدول (۷-۱) نشان داده شده است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.

جدول ۱-۷- درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده نوعی لعاب

نوع اکسید	SiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	CaO	MgO	Na <sub>۲</sub> O	B <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
درصد وزنی	۵۰/۲۰	۱۴/۳۶	۶/۴۰	۰/۴۰	۱۰/۲۰	۱۸/۵۰

حل:

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

$$\text{SiO}_2 : 50/20 \div 60/1 = 0/835$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 14/36 \div 102 = 0/140$$

$$\text{CaO} : 6/40 \div 56/1 = 0/114$$

$$\text{MgO} : 0/40 \div 40/3 = 0/0099 \approx 0/01$$

$$\text{Na}_2\text{O} : 10/20 \div 62 = 0/164$$

$$\text{B}_2\text{O}_3 : 18/50 \div 69/6 = 0/265$$

ب - 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.

$$\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} = 0/114 + 0/01 + 0/164 = 0/288$$

$$\text{SiO}_2 : 0/835 \div 0/288 = 2/899$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 0/140 \div 0/288 = 0/486$$

$$\text{CaO} : 0/114 \div 0/288 = 0/395$$

$$\text{MgO} : 0/01 \div 0/288 = 0/0347$$

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

$$\text{Na}_2\text{O} : 0/164 \div 0/288 = 0/569$$

$$\text{B}_2\text{O}_3 : 0/265 \div 0/288 = 0/920$$

ج - حال اعداد به دست آمده را به صورت (ز - ۱) می نویسیم :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{CaO} \quad 0/395 \quad \text{Al}_2\text{O}_3 \quad 0/486 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{SiO}_2 \quad 2/899 \\ \text{B}_2\text{O}_3 \quad 0/920 \end{array} \right. \\ \text{MgO} \quad 0/035 \\ \text{Na}_2\text{O} \quad \frac{0/569}{0/999 \approx 1} \end{array} \right. \quad (\text{ز} - 1)$$

همان طور که مشاهده می کنید با انجام این عملیات، مجموع مولی ستون اول (اکسیدهای بازی) برابر با ۱ می شود. پیشنهادهای مختلفی برای چیدن اکسیدهای متفاوت وجود دارد مثلاً عده ای عقیده دارند که باید اکسیدهای بازی در ستون اول، آلومینیوم اکسید در ستون دوم و اکسیدهای اسیدی در ستون سوم قرار گیرند. بورا اکسید به علت خواص اسیدی زیر سیلیس قرار می گیرد. در حالی که برخی دیگر عقیده دارند که بورا اکسید را به خاطر شباهت ظرفیتی و برخی اثرات ویژه ی دیگر باید در ستون دوم (یعنی زیر آلومینیوم اکسید) قرار داد. در این کتاب نحوه ی چیده شدن اکسیدها براساس نظریه اول است. مثال ۲: یک بیچ لعاب از ۳۴۳/۴ قسمت وزنی سرب بی سیلیکات ( $\text{PbO} \cdot 2\text{SiO}_2$ )، ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین و ۳۰٪ 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 تشکیل دهنده ی آن را به دست آورد.

مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در ۳۴۳/۴ قسمت سرب بی سیلیکات

$$\begin{array}{r} \text{PbO} \cdot 2\text{SiO}_2 \quad 2\text{SiO}_2 \\ 343/4 \quad 120/2 \\ 343/4 \quad x_1 \\ \Rightarrow x_1 = \frac{343/4 \times 120/2}{343/4} = 120/2 \end{array}$$

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

مقدار PbO موجود در ۳۴۳/۴ قسمت وزنی سرب بی سیلیکات

PbO.۲SiO <sub>۲</sub>	PbO
۳۴۳/۴	۲۲۳/۲
۳۴۳/۴	y <sub>۱</sub>

$$\Rightarrow y_1 = \frac{343/4 \times 223/2}{343/4} = 223/2$$

مقدار SiO<sub>۲</sub> موجود در ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین

Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> .۲SiO <sub>۲</sub> .۲H <sub>۲</sub> O	۲SiO <sub>۲</sub>
۲۵۸/۲	۱۲۰/۲
۵۱/۶	x <sub>۲</sub>

$$\Rightarrow x_2 = \frac{51/6 \times 120/2}{258/2} = 24/0.2$$

مقدار Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub> موجود در ۵۱/۶ قسمت وزنی کائولین

Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> .۲SiO <sub>۲</sub> .۲H <sub>۲</sub> O	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
۲۵۸/۲	۱۰۲
۵۱/۶	y <sub>۲</sub>

$$\Rightarrow y_2 = \frac{51/6 \times 102}{258/2} = 20/38$$

مقدار SiO<sub>۲</sub> موجود در ۳۰/۰ قسمت وزنی سیلیس

SiO <sub>۲</sub> (سیلیس)	SiO <sub>۲</sub>
۶۰/۱	۶۰/۱
۳۰/۰	x <sub>۳</sub>

$$\Rightarrow x_3 = \frac{30/0 \times 60/1}{60/1} = 30/0$$

حال مجموع هریک از اکسیدهای موجود را به دست می آوریم.

$$\text{SiO}_2 : 120/2 + 24/0.2 + 30/0 = 174/22$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 20/38$$

$$\text{PbO} : 223/2$$

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

$$174/22 + 20/38 + 223/2 = 417/8$$

$$\text{SiO}_2 = 41/69\%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 4/87\%$$

$$\text{PbO} = 53/42\%$$

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

$$\text{SiO}_2 : 41/69 \div 60/1 = 0/693$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 4/87 \div 102 = 0/047$$

$$\text{PbO} : 53/42 \div 223/2 = 0/239$$

اکنون با توجه به این که تنها اکسید بازی موجود در این لعاب PbO است، هر یک از مقادیر به دست آمده در قسمت قبل را به 0/239 تقسیم می‌کنیم، تا مجموع مولی اکسید بازی در فرمول به واحد تبدیل شود.

$$\text{SiO}_2 : 0/693 \div 0/239 = 2/899$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 0/047 \div 0/239 = 0/196$$

$$\text{PbO} : 0/239 \div 0/239 = 1/000$$

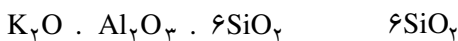
پس فرمول زگر این لعاب به صورت فرمول (ز-۲) می‌شود:



مثال ۳: بیج 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 تشکیل دهنده این لعاب را محاسبه کنیم.

مقدار  $\text{SiO}_2$  موجود در ۲۱/۶۳ قسمت وزنی فلدسپات پتاسیک:

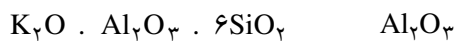


$$556/8 \quad 360/6$$

$$21/63 \quad x_1$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{21/63 \times 360/6}{556/8} = 14/00$$

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

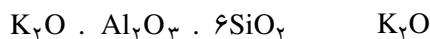


$$556/8 \quad 102$$

$$21/63 \quad y_1$$

$$\Rightarrow y_1 = \frac{21/63 \times 102}{556/8} = 3/96$$

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

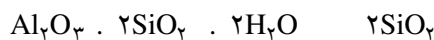


$$556/8 \quad 94/2$$

$$21/63 \quad z_1$$

$$\Rightarrow z_1 = \frac{21/63 \times 94/2}{556/8} = 3/66$$

مقدار  $SiO_2$  موجود در ۲۳/۴۵ قسمت وزنی کائولین :

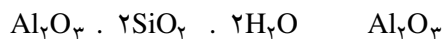


$$258/2 \quad 120/2$$

$$23/45 \quad x_2$$

$$\Rightarrow x_2 = \frac{23/45 \times 120/2}{258/2} = 10/91$$

مقدار  $Al_2O_3$  موجود در ۲۳/۴۵ قسمت وزنی کائولین :



$$258/2 \quad 102$$

$$23/45 \quad y_2$$

$$\Rightarrow y_2 = \frac{23/45 \times 102}{258/2} = 9/26$$



$$100/1 \quad 56/1$$

$$9/10 \quad x_3$$

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

$$\Rightarrow x_3 = \frac{9/10 \times 56/1}{100/1} = 5/10$$

حال مجموع هر یک از اکسیدها را به دست می آوریم.  
(مقدار ۵۳/۰۸ مربوط به کوارتز می باشد)

$$\text{SiO}_2 : 14 + 10/91 + 53/08 + 0 = 77/99 \approx 78$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 3/96 + 9/26 + 0 + 0 = 13/22$$

$$\text{K}_2\text{O} : 3/66 + 0 + 0 + 0 = 3/66$$

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

$$\text{CaO} : 0 + 0 + 0 + 5/10 = 5/10$$

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

$$\text{SiO}_2 : 78 \div 60/1 = 1/297$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 13/22 \div 102 = 0/129$$

$$\text{K}_2\text{O} : 3/66 \div 94/2 = 0/0388 \approx 0/039$$

$$\text{CaO} : 5/10 \div 56/1 = 0/0909 \approx 0/091$$

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

$$\text{K}_2\text{O} + \text{CaO} = 0/039 + 0/091 = 0/130$$

$$\text{SiO}_2 : 1/297 \div 0/130 = 9/977$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 : 0/129 \div 0/130 = 0/992$$

$$\text{K}_2\text{O} : 0/039 \div 0/130 = 0/300$$

$$\text{CaO} : 0/091 \div 0/130 = 0/700$$

پس فرمول زگر این لعاب عبارتست از :

$$\left\{ \begin{array}{llll} \text{K}_2\text{O} & 0/300 & \text{Al}_2\text{O}_3 & 0/992 & \text{SiO}_2 & 9/977 \\ \text{CaO} & 0/700 & & & & \end{array} \right.$$

تمرین

۱- درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده ی لعابی به صورت جدول (۲-۷) است. فرمول زگر آن را محاسبه کنید.



جدول ۲-۷

اکسیدها	SiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	CaO	MgO	Na <sub>۲</sub> O	B <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
مقدار (%)	۵۷/۱۰	۱۰/۵۲	۵/۲۰	۱/۰۲	۱۱/۱۰	۱۶/۰۶

۲- فرمول زگر (ز-۳) موجود است، درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده‌ی این لعاب را محاسبه کنید.

Na<sub>۲</sub>O      ۰/۱۴۰

K<sub>۲</sub>O        ۰/۰۹۰

CaO        ۰/۶۲۵      Al<sub>۲</sub>O<sub>۳</sub>    ۰/۳۰۰      SiO<sub>۲</sub>    ۲/۸۰۰      (ز-۳)

PbO        ۰/۱۴۵

۳- درصد وزنی اکسیدهای تشکیل دهنده‌ی یک لعاب به صورت جدول (۷-۳) است.

جدول ۳-۷

اکسیدها	SiO <sub>۲</sub>	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	PbO	K <sub>۲</sub> O
مقدار (%)	۵۱/۶۰	۸/۷۰	۳۳/۶۰	۶/۱۰

- الف - مقادیر لازم کائولین، سرب بی‌سیلیکات، فلدسپات پتاسیک و کوارتز برای تأمین این آنالیز را محاسبه کنید (در این جا نیز کلیه مواد خالص در نظر گرفته شود).
- ب - فرمول زگر این لعاب را محاسبه کنید.
- ۴- مقادیر بچ دو لعاب شماره (۱) و (۲) موجود است. فرمول زگر این دو لعاب را با یکدیگر مقایسه کنید.

{	PbO.SiO <sub>۲</sub> سرب مونوسیلیکات	۸۰/۱۱ kg	لعاب شماره (۱)
	کائولین	۴/۹۵ kg	
	کوارتز	۲/۸۹ kg	

{	PbO(OH) <sub>۲</sub> .۲PbCO <sub>۳</sub> سرب سفید	۶۵/۰۰ kg	لعاب شماره (۲)
	کائولین	۱۰/۰۰ kg	
	کوارتز	۲۰/۰۰ kg	