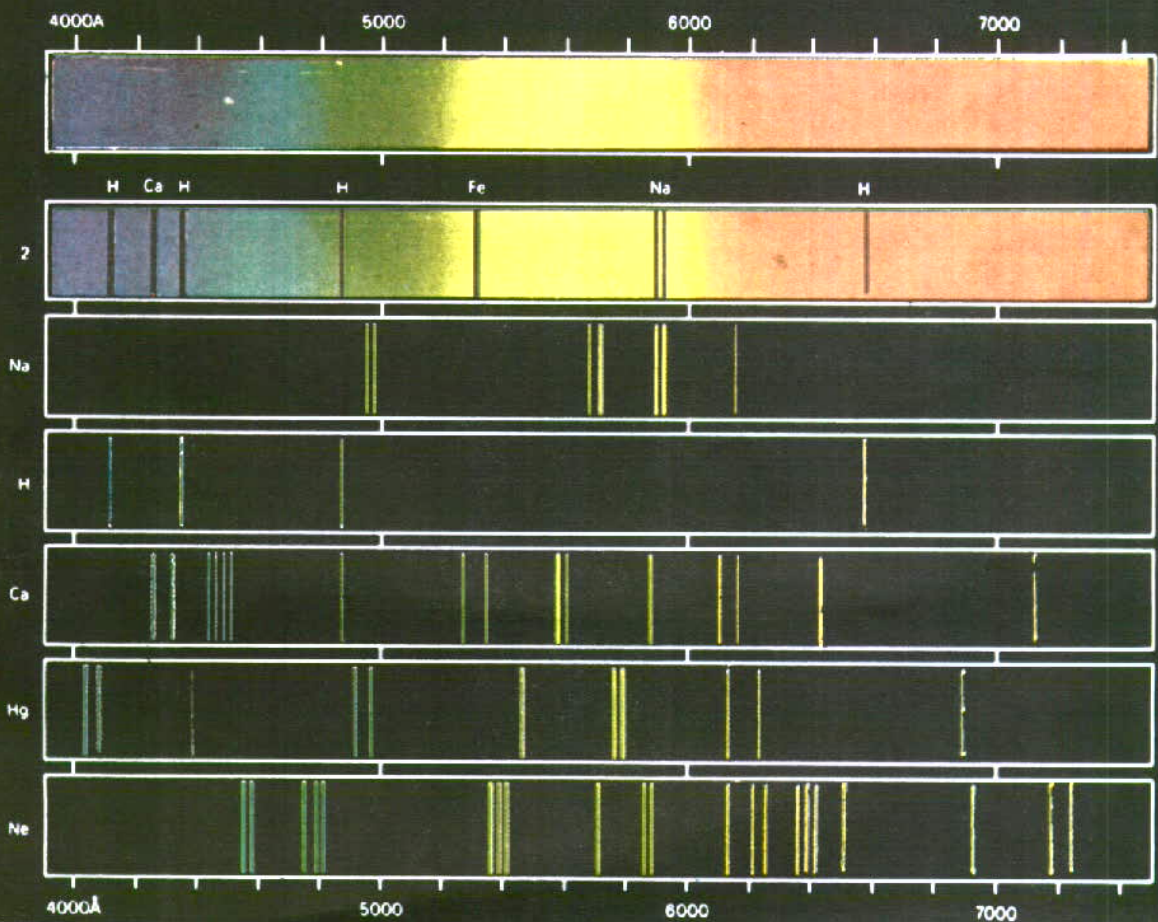
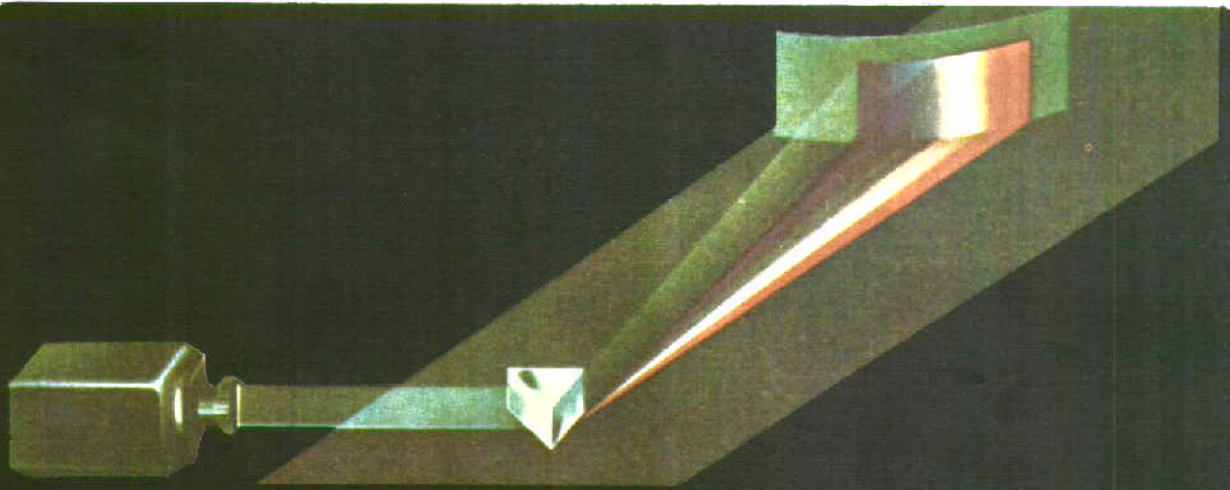


# مجله آموزش شیمی

بها: ۱۰۰ ریال

سال ششم - پائیز ۱۳۶۸ شماره مسلسل ۲۱

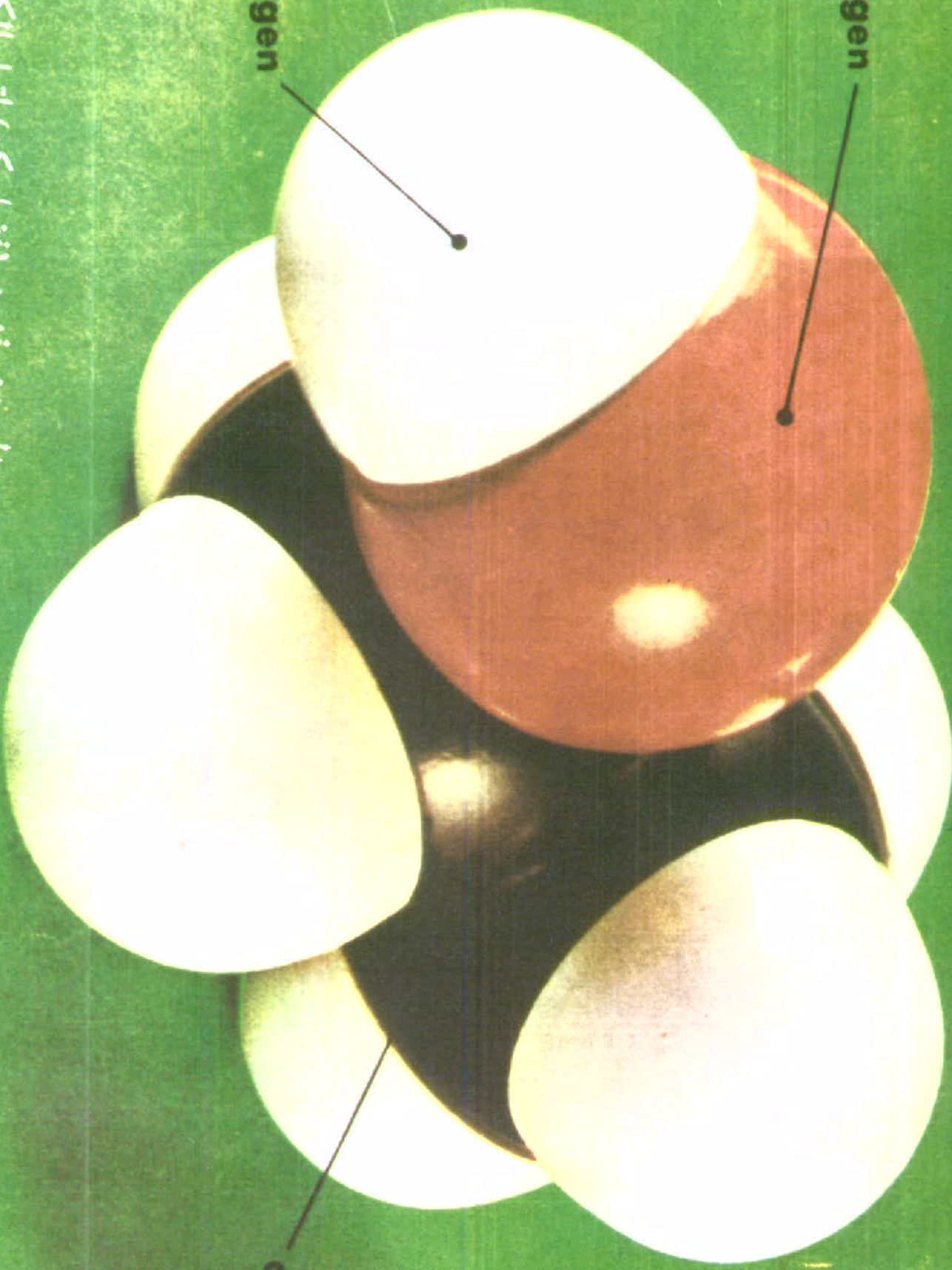


oxygen

hydrogen

carbon

مدل بیهم فشردہ (فضا پرکن) اتیل الکل



سر دبیر : سید رضا آقاپورمقدم

مدیر فنی هنری و تولید : حسین فرامرزی نیکنام

صفحه آرا : علی نجمی



سخنی با خوانندگان ارجمند

سپاس خدای را که مرحمت فرمود تا این مجله به ششمین سال  
حیات خود گام نهد.

به نام پروردگار آغاز به نوشتن می‌کنیم. به پیشگاه حضرت  
ولی عصر (عج) و به روان پاک بنیانگذار جمهوری اسلامی ایران،  
سلام می‌فرستیم. یاد سالار شهیدان و معلم توحید، حسین بن علی (ع)  
و شهیدان جهان اسلام را گرامی می‌داریم. به همکاران و خوانندگان  
ارجمند سلام می‌فرستیم و دعا می‌کنیم. از خدای مهربان می‌خواهیم  
به ما معلمان یاری دهد تا در انجام عبادات توانا و از سلامت جسم و  
روح برخوردار باشیم. امید است که همیشه رحمت الهی شامل حال ما  
بشود.

از خوانندگان محترم برای بر بار کردن محتوای این مجله،  
یاری می‌طلبیم و در انجام این مهم از آنان می‌خواهیم تا به نکات  
یادآوری شده در شماره‌های ۱۳ و ۱۸ این مجله دقت کنند. علاقه‌مندان  
ارسال مقاله به هدفهای مجله رشد تخصصی که در پیشگفتار شماره ۱  
سال اول این مجله به تفصیل آمده است، توجه فرمایند. اهم اهداف در  
نشر مجله رشد آموزش شیمی، فهرست‌وار چنین است:

- ۱- دانش‌افزایی
- ۲- آشنایی با روشهای تدریس
- ۳- معرفی مواد و وسایل کمک آموزشی
- ۴- معرفی نشریات و کتب
- ۵- آشنایی با تاریخ علوم
- ۶- آشنایی با معلمان موفق و باتجربه
- ۷- آگاهی از مسائل و پرسشهای نمونه
- ۸- طرح موضوعات مربوط به آینده رشته شیمی
- ۹- آگاهی از تصمیم‌گیریها و بخشنامه‌ها
- ۱۰- آگاهی از برنامه‌ها و برنامه‌ریزیهای آینده و اظهار نظر درباره آنها
- ۱۱- آگاهی از پژوهشها و خبرهای مربوط به رشته شیمی

فهرست

- |    |  |  |
|----|--|--|
| ۳  | سر دبیر                                | پیشگفتار   |
|    |  | مروری بر اصول و قوانین وزنی اولیه شیمی ...             |
| ۴  | دکتر محمد رضا ملاردی                   | تبدیل انرژی شیمیایی و الکتتریکی به یکدیگر              |
| ۱۴ | دکتر حسین آقائی                        | روی عنصر بی مانند زیستی                                |
| ۱۷ | دکتر حسین آقائی - دکتر محمد حسین عزیزی | ماست از دیدگاه علمی و صنعتی                            |
| ۲۱ | دکتر محمد رؤف درویش                    | بررسی متابولیسم به عنوان مجموعه‌ای از ...              |
| ۲۶ | دکتر مسعود روحی لاریجانی               | دستور ساخت سلسله وسایل آزمایشگاهی                      |
| ۳۳ | دکتر منصور عابدینی                     | کاربرد پتانسیل ...                                     |
| ۳۴ | دکتر منصور عابدینی                     | آزمون شیمی گروه آزمایش ریاضی فیزیک ۶۸-۶۹               |
| ۴۰ | حسام امینی                             | و پاسخ آن  |
| ۴۷ |  | اخبار  |
| ۴۸ | دکتر محمد حسین عزیزی                   | مسمومیت با الکل ...                                    |
| ۵۴ | مرئضی خلخالی                           | روشی برای تدریس تعادلهای شیمیایی                       |
| ۵۶ | عذرا جوان                              | تدریس محاسبه جرمی                                      |
| ۶۰ |  | معرفی کتاب و مجلات                                     |
|    |  | مروری بر تاریخچه راه یافتن الکتروبیته در شیمی          |
| ۶۲ | دکتر حسین آقائی                        | معرفی عنوانهای مقاله‌هایی که در شماره ۲ از جلد ۶۶ مجله |
| ۶۹ |  | «آموزش شیمی» درج شده است زیر نظر هیأت تحریریه          |
| ۷۳ |  | پرسشنامه   |

این کتاب در سال ۱۳۰۰ خورشیدی در تهران در سال اول علوم  
تجربی و شیمی در سال دوم علوم تجربی در  
سال سوم و چهارم در روستای...

## مروزی بر

# اصول و قوانین وزنی

## اولیه شیمی عمومی

## و نقش آنها در پیشبرد

## دانش شیمی

دکتر محمدرضا ملاردی : دانشیار دانشگاه تربیت معلم

این قوانین که عموماً در نیمه دوم قرن هجدهم و دهه اول قرن نوزدهم کشف شدند، اهمیت زیادی در پیشبرد دانش شیمی دارند. زیرا، شالوده نظریه اتمی دالتون که در زمان خود تحولی شگرف در زمینه ساختار ماده ایجاد کرد، بر همین قوانین نهاده شده بود. فرضیه مولکولی آووگادرو که به کشف ساختار واقعی مواد گازی انجامید و راه گشایی در زمینه محاسبه چگالی نسبی و جرم مولکولی گازها و جرم اتمی بسیاری از عناصر شد، پیامدی از همین قوانین بود. از این رو، با توجه به اهمیت این قوانین و نیز به لحاظ اینکه در برنامه درس شیمی دوره دبیرستان، با بسیاری از آنها سروکار داریم، به بررسی زیربنایی این قوانین و نقش آنها در پیشبرد دانش شیمی می پردازیم. در این بررسی منطقی به نظر می رسد که این قوانین را به ترتیب تاریخ کشف آنها مورد بررسی قرار دهیم و هر جا که لازم باشد، به تبایح و کاربرد آنها اشاره کنیم و در پایان بروشهای متداول محاسبه جرم اتمی عناصر که مورد پرسش و علاقه بسیاری از همکاران است، مروری داشته باشیم.

### ۱- قانون بقای جرم

(The law of Conservation of mass)

تا حدود سال ۱۷۵۰ میلادی، شیمیدانان بر این گمان بودند

که ضمن واکنش مواد با یکدیگر، مقداری از جرم آنها از بین می رود و یا اصولاً جرم سیستم واکنش دهنده، دستخوش تغییر می شود (البته در آن زمان اندازه گیری جرم چندان رایج نبود و مسأله کاهش جرم در رابطه با سوختن مواد بود). مثلاً طرفداران نظریه فلوژیستون\* می پنداشتند که جرم ماده حاصل از سوختن يك ماده سوختنی، از جرم آن ماده قبل از سوختن کمتر است، زیرا آنها سوختن را خارج شدن فلوژیستون از ماده سوختنی می دانستند. هر چند برخی از پژوهشگران در آن زمان، به تغییرناپذیری جرم تا حدی پی برده بودند، اما اولین بار، حدود سال ۱۷۵۰ میلادی، اندیشمندی روسی به نام لامانوسوف (Lomonosov)، با انجام آزمایشهای گوناگون در ظرفهای سربسته و توزین مواد قبل و بعد از واکنش، به این حقیقت دست یافت که ضمن انجام واکنش شیمیایی در يك سیستم بسته، جرم آن سیستم تغییر نمی کند. سالها بعد از آن برخی از شیمیدانان، به ویژه لاووازیه (Lavoisier) شیمیدان

مشهور فرانسوی (در سال ۱۷۷۴) بررسیهای مشابهی انجام دادند و نتایجی به دست آوردند که نظر لامانوسوف را تأیید کرد. بدین وسیله یکی از قوانین بنیادی شیمی که به «قانون بقای جرم» موسوم شده است، کشف شد که می توان آن را چنین بیان کرد: «جرم ماده خلصت زوال ناپذیری دارد و در يك واکنش، بر جرم مواد افزوده و یا از آن کاسته نمی شود، بلکه مقداری از جرم مواد به مواد دیگری تبدیل می شود».

یادآوری می شود که پس از ارائه نظریه اتمی دالتون (در سال ۱۸۰۷) قانون بقای جرم، مفهوم تازه ای پیدا کرد و نام «قانون بقای اتم» به خود گرفت. بدین معنی که، ضمن انجام واکنشهای شیمیایی، اتمها از بین نمی روند، بلکه از ماده ای به ماده دیگر منتقل می شوند. بر همین اساس بود که موازنه کردن معادله واکنشهای شیمیایی در بررسیهای کمی ضرورت پیدا کرد و دانش شیمی به راه جدیدی برای کمال دست یافت.

همچنین، زمانی که رابطه مشهور اینشتین در مورد جرم و انرژی ارائه شد، مسأله امکان تبدیل مقداری از جرم سیستم واکنش دهنده به گرما مطرح شد که هر چند در واکنشهای شیمیایی معمولی قابل توجه نیست، اما در واکنشهای هسته ای باید مورد توجه قرار گیرد. از این رو، اصلاح قانون بقای جرم به صورت زیر، ضرورت پیدا کرد که به نام «قانون بقای جرم و انرژی» موسوم شده است و می توان آن را چنین بیان کرد:

در يك سيستم منزوی كه هیچ نوع تبادل جرم و انرژی با محیط ندارد، مجموع جرم و انرژی مواد واکنش دهنده همواره ثابت باقی می ماند».

## ۲- قانون جرمهای هم ارز\*

(The law of equivalent mass)

تا حدود نیمه دوم قرن هیجدهم شیمیدانان بر این باور بودند كه مواد مختلف به هر نسبتی با يكدیگر ترکیب می شوند، زیرا هنوز در آن زمانها تفاوت بین ترکیب شدن و مخلوط شدن مواد با يكدیگر تمیز داده نشده بود. اولین بار كوندیش (Cavendish) شیمیدان مشهور انگلیسی دریافت كه جرم معینی از يك اسید با جرم معینی از يك باز خنثی می شود. اما وی این موضوع را پیگیری نكرد و مطلبی درباره آن انتشار نداد. اما ونسل (Wenzel) شیمیدان آلمانی، بررسیهای وسیعی در این زمینه انجام داد و نتایج بسیار ارزنده ای به دست آورد و معلوم داشت كه نه تنها مواد مختلف به هر نسبت دلخواهی با يكدیگر ترکیب نمی شوند، بلكه جرمهای برابر از مواد مختلف نیز اثر يكسان ندارند. یعنی مثلاً يك گرم از يك اسید، توسط يك گرم از يك باز خنثی نمی شود. بلكه اثر يك مقدار معین از يك ماده شیمیایی با اثر مقدار مشخص و ثابتی از ماده دیگر برابر است. این مقادیر ثابت از مواد مختلف كه اثر معادل يكدیگر دارند، اصطلاحاً «جرمهای هم ارز» نامیده شده است. مثلاً يك گرم تیروژن با ۸ گرم اكسیژن و یا با ۳۵/۵ گرم كلر ترکیب می شود و همچنین اثر ۴۰ گرم تیروكسید سدیم با اثر ۵۶ گرم تیروكسید پتاسیم و اثر ۴۹ گرم اسید سولفوریک با اثر ۶۳ گرم اسید نیتریک برابر است. از این رو، مثلاً واکنش تیروكسید سدیم و اسید سولفوریک فقط به نسبت  $\frac{40}{49}$  انجام می پذیرد. این واقعیت كه به «به قانون

جرمهای هم ارز» موسوم شده است، چنین بیان می شود: «مواد مختلف به نسبت جرمهای هم ارز با يكدیگر واکنش می دهند».

## ۳- قانون ریشر (یا قانون اعداد متناسب)

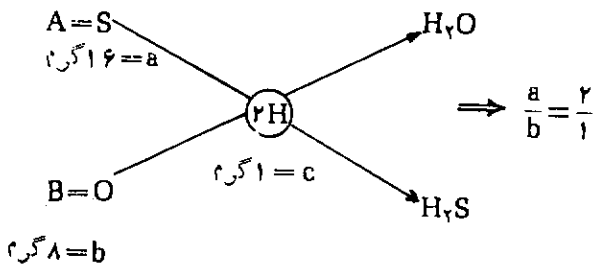
(The Richter's law, The law of Proportionated numbers).

این قانون كه در سال ۱۷۹۲ توسط ریشر شیمیدان آلمانی

كشف شد، چنین بیان می شود:

هر گاه دو عنصر A و B هر يك با عنصر C میل ترکیبی داشته باشند، به طوری كه a گرم از عنصر A با c گرم از عنصر C و b گرم از عنصر B نیز با همان c گرم از عنصر C ترکیب شود، هر گاه دو عنصر A و B با هم میل ترکیبی داشته باشند، ترکیب آنها به نسبت جرمی  $\frac{a}{b}$  و یا  $\frac{a}{b} \times \frac{p}{q}$

صورت خواهد گرفت كه  $\frac{p}{q}$  يك كسر ساده است. برای روشن شدن موضوع، این قانون را در مورد سه عنصر اكسیژن، گوگرد و تیروژن مورد بررسی قرار می دهیم. می دانیم كه اكسیژن و گوگرد می توانند با تیروژن ترکیب شوند و خودشان نیز با يكدیگر میل ترکیبی دارند. از این رو، می توان نوشت:



یعنی يك گرم تیروژن با ۸ گرم اكسیژن و یا با ۱۶ گرم گوگرد ترکیب می شود. می دانیم كه اكسیژن و گوگرد نیز می توانند با هم ترکیب شوند و دو ماده متمایز یعنی  $SO_2$  و  $SO_3$  را به وجود آورند. در  $SO_3$  نسبت جرم گوگرد به جرم اكسیژن برابر  $\frac{1 \times 32}{2 \times 16} = \frac{1}{1}$  و در  $SO_2$  برابر

$$\frac{1 \times 32}{3 \times 16} = \frac{2}{3}$$

است. از این رو، می توان نوشت:

$SO_3$ :

$$\frac{1}{1} = \frac{a}{b} \times \frac{p}{q}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{2}{1} \cdot \frac{p}{q} \Rightarrow \frac{p}{q} = \frac{1}{2}$$

$SO_2$ :

$$\frac{2}{3} = \frac{2}{1} \cdot \frac{p}{q} \Rightarrow \frac{p}{q} = \frac{2 \times 1}{3 \times 2} = \frac{1}{3}$$

ملاحظه می شود كه  $\frac{p}{q}$  در هر دو مورد كسر ساده ای است.

عناصر، توانستند فرمول شیمیایی بسیاری از ترکیبات را معین کنند.

### ۴- قانون نسبت‌های ثابت

(The law of Constant Proportions)

اولین بار، در قرن هفدهم برخی از شیمیدانان از جمله کانکل (Kankel) و برگمان (Bergman) در آلمان، با بررسی‌هایی که انجام دادند، به این واقعیت پی برده بودند که عناصر به نسبت ثابتی با یکدیگر ترکیب می‌شوند، ولی آنان این موضوع را پیگیری نکردند و مطلبی در این زمینه انتشار ندادند. اما در اواخر قرن نوزدهم، یک دانشمند فرانسوی بنام پروست (Proust) با بررسی‌های دقیقی که انجام داد، این واقعیت را در سال ۱۷۹۷ کشف کرد و با بازنگری ودقت بیشتر، آن را در سال ۱۷۹۹ انتشار داد که بنام «قانون نسبت‌های ثابت» موسوم شد و می‌توان آن را به صورت زیر بیان کرد: «عناصر برای تشکیل یک ماده مشخص، به نسبت جرمی ثابتی با یکدیگر ترکیب می‌شوند».

مثلاً اکسیژن و نیتروژن برای تشکیل آب، به نسبت ثابت ۸ گرم نیتروژن و ۸ گرم اکسیژن با یکدیگر ترکیب می‌شوند. یادآوری می‌شود که این قانون مورد اعتراض بسیاری از دانشمندان از جمله برتوله شیمیدان معروف فرانسوی قرار گرفت. زیرا وی معتقد بود که عناصر به هر نسبت دلخواهی می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند. این امر، تا حدی از اعتبار و فراگیر شدن قانون پروست جلوگیری کرد. اما سرانجام با انتشار نظریه اتمی دالتون در سال ۱۸۰۷، درستی نظریه پروست ثابت شد و قانون نسبت‌های ثابت، اعتبار خود را باز یافت.

### ۵- قانون نسبت‌های چندتایی

(The law of multiple Proportions)

این قانون که ضمن بررسی اکسیدهای نیتروژن و نسبت جرمی اکسیژن و نیتروژن در آنها توسط دالتون کشف شد، به صورت زیر بیان می‌شود: «دو عنصر می‌توانند با چند نسبت جرمی مشخص و ثابت با یکدیگر ترکیب شوند و مواد مرکب مشخص متفاوتی را به

اهمیت قانون ریشتر در کاربرد آن برای تعیین فرمول شیمیایی مواد حاصل از ترکیب شدن دو عنصر با یکدیگر است. زیرا اگر در مثال بالا،  $a$  گرم از عنصر  $A$  را معادل  $x$  اتم گرم از آن و  $b$  گرم از عنصر  $B$  را معادل  $y$  اتم گرم از آن در نظر بگیریم. با توجه به اینکه نشانه شیمیایی هر عنصر معرف یک اتم گرم از آن نیز می‌باشد، می‌توان نوشت:

$$a = xA$$

$$b = yB$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{p}{q} = \frac{xA}{yB} \cdot \frac{p}{q} = \frac{xpA}{yqB}$$

اگر  $xp$  را برابر  $m$  و  $yp$  را برابر  $n$  بگیریم، فرمول ماده حاصل از ترکیب عناصر  $A$  و  $B$  با یکدیگر را می‌توان به صورت  $mAnB$  نوشت که معمولاً آن را به صورت  $A_mB_n$  نشان می‌دهند. بر این اساس، می‌توان با محاسبه  $x$  و  $y$  و با استفاده از مقادیر  $\frac{p}{q}$  در دو مورد بالا، فرمول  $SO_4$  و  $SO_3$  را به دست آورد:

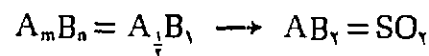
$$x = \frac{a}{\text{جرم اتمی گوگرد}} = \frac{۱۶}{۳۲} = \frac{۱}{۲}$$

$$y = \frac{b}{\text{جرم اتمی اکسیژن}} = \frac{۸}{۱۶} = \frac{۱}{۲}$$

در مورد  $SO_4$

$$m = xp = ۱ \times \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۲}$$

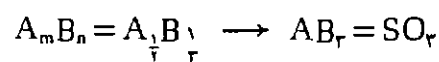
$$n = yp = ۲ \times \frac{۱}{۲} = ۱$$



در مورد  $SO_3$

$$m = xp = ۱ \times \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۲}$$

$$n = yq = ۱ \times ۳ = \frac{۳}{۲}$$



با استفاده از این روش بود که قبل از مشخص شدن ظرفیت

وجود آورند. در آن صورت، جرمهای متفاوتی از یکی از آن دو که با جرم ثابتی ازدیگری ترکیب می شود، بین خودنسبتهای ساده ای دارند. برای روشن شدن موضوع، اکسیدهای نیتروژن را در نظر می گیریم و در همه آنها جرم نیتروژن را ثابت و برابر ۱۴ گرم فرض می کنیم. با این فرض، می توان ترشت

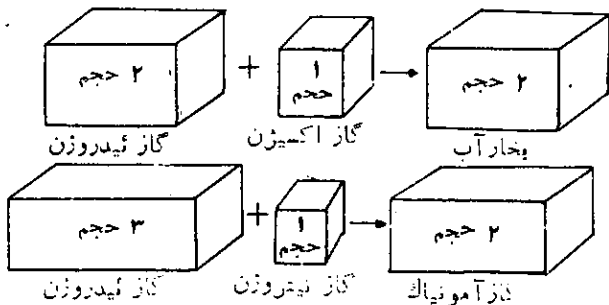
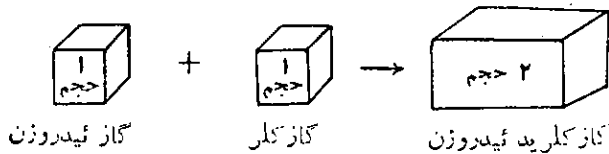
وجود آورند. در آن صورت، جرمهای متفاوتی از یکی از آن دو که با جرم ثابتی ازدیگری ترکیب می شود، بین خودنسبتهای ساده ای دارند. برای روشن شدن موضوع، اکسیدهای نیتروژن را در نظر می گیریم و در همه آنها جرم نیتروژن را ثابت و برابر ۱۴ گرم فرض می کنیم. با این فرض، می توان ترشت

ترکیب	$N_2O$	$NO$	$N_2O_3$	$N_2O_4$	$N_2O_5$
جرم نیتروژن	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
جرم اکسیژن	۸	۱۶	۲۴	۳۲	۴۰

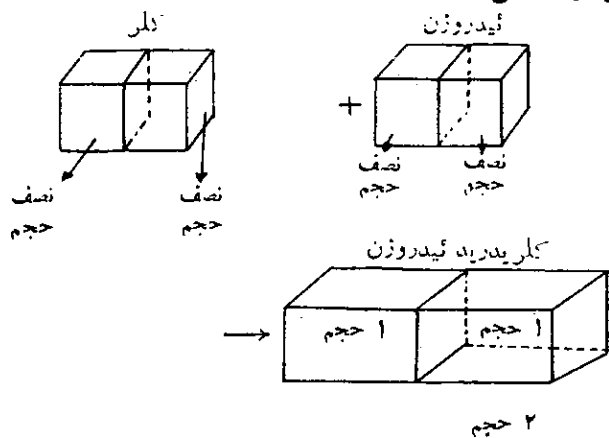
ملاحظه می شود که مقادیر متفاوت اکسیژن که با ۱۴ گرم نیتروژن می تواند ترکیب شود و پنج اکسید متفاوت را به وجود آورد، بین خودنسبتهای ساده ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ را دارند.

### ۶- قانون ترکیب حجمی گازها

(The law of Combining Volumes)



در آن زمان، برای توجیه چنین رویدادهایی می بایست قبول کرد که هر حجم از گازهای کلر و هیدروژن نصف می شوند و از ترکیب شدن نصف حجم دو گاز با یکدیگر یک حجم گاز کلرید هیدروژن و در مجموع، دو حجم از این گاز حاصل می شود. یعنی



اما این فرض با مفاد نظریه اتمی دالتون سازگاری نداشت. زیرا، براساس این نظریه، یک حجم از هر گاز را می بایست معادل یک اتم از آن گاز در نظر گرفت. پس  $\frac{1}{4}$  حجم از هر گاز

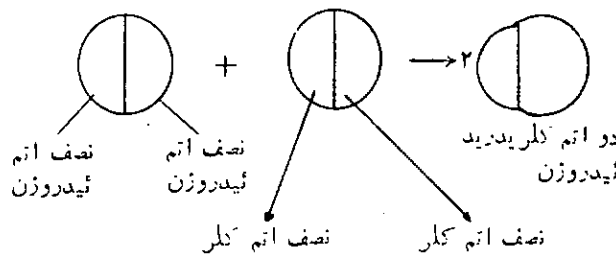
گیلوساک (Gay-Lussac) شیمیدان مشهور فرانسوی با بررسیهایی که در مورد ترکیب شدن گازها با یکدیگر انجام داد، در سال ۱۸۰۸ به این واقعیت دست یافت که گازها به نسبت حجمی مشخص و ثابتی با یکدیگر ترکیب می شوند و اگر ماده حاصل گازی باشد، بین حجم آن و حجم هر یک از گازهایی که برای تشکیل آن، با یکدیگر ترکیب می شوند نیز، نسبتهای مشخص و ساده ای وجود دارد.

مثلاً یک حجم گاز هیدروژن با یک حجم گاز کلر ترکیب می شود و دو حجم گاز کلرید هیدروژن حاصل می شود و یا یک حجم گاز نیتروژن با سه حجم گاز هیدروژن می تواند ترکیب شود و دو حجم گاز آمونیاک به وجود آورد.

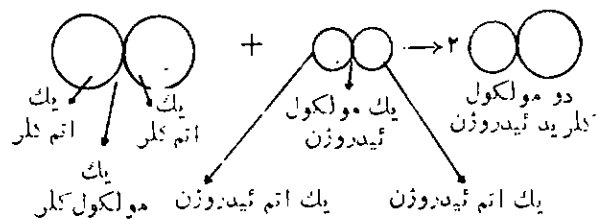
### اهمیت قانون گیلوساک و پیدایش نظریه مولکولی گازها

می دانیم که دالتون براساس نظریه اتمی معروف خود، برای مواد از جمله مواد ساده گازی شکل (مانند هیدروژن، کلر، اکسیژن و...) ساختار اتمی در نظر گرفت. یعنی وی می پنداشت که هر ماده گازی شکل اجتماعی از اتمهای مجزا و آزاد آن ماده است (مانند گازهای کمیاب و بخار برخی از فلزات مانند

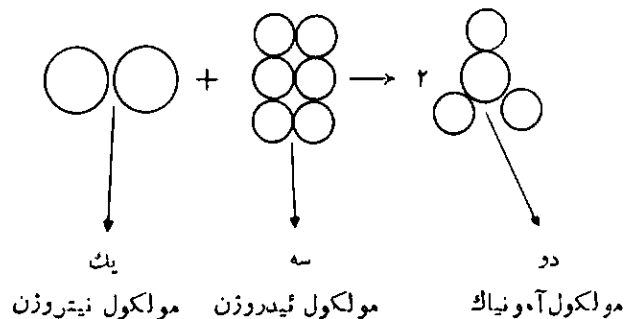
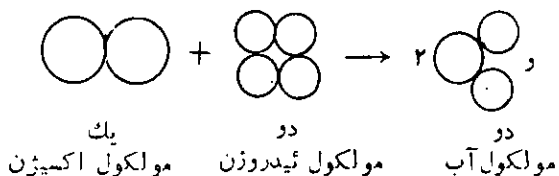
را می‌بایست معادل نصف اتم آن در نظر گرفت و رابطه حجمی فوق را بر اساس نظریه اتمی دالتون به صورت زیر نشان داد:



گرفت. چون مولکول هر ماده ساده گازی قابل تفکیک به اتمهای آن است. پس هر مولکول از گازهای کلر و نیتروژن (که معادل يك حجم از آنها است). ضمن واکنش، ابتدا به دو اتم تشکیل دهنده خود تفکیک می‌شود و هر اتم کلر با هر اتم نیتروژن بسا یکدیگر ترکیب شده يك مولکول گاز کلرید نیتروژن را تشکیل می‌دهند. یعنی می‌توان نوشت:



با همین روش توانست ترکیب شدن دو حجم گاز نیتروژن و يك حجم گاز اکسیژن را که دو حجم بخار آب تولید می‌کند و با ترکیب شدن يك حجم گاز نیتروژن با سه حجم گاز نیتروژن را که دو حجم گاز آمونیاک به وجود می‌آورند، توجیه کند:



فرضیه مولکولی آووگادرو با وجود اینکه با مشاهدات و شواهد تجربی مطابقت داشت و بدکمک آن آووگادرو توانست قانون گیلوساک را در مورد ترکیب حجمی گازها توجیه کند، برای جامعه علمی آن زمان با ابهامهایی همراه بود و تا زمانی نسبتاً طولانی یعنی حدود پنجاه سال نتوانست جایی برای خود باز کند. علت اصلی این عدم پذیرش، ابهامی بود که بین ماهیت اتم (که کاملاً پذیرفته شده بود) و ماهیت مولکول که

با توجه به اینکه طبق نظریه اتمی دالتون، اتم ذره‌ای غیر قابل تقسیم است، این استدلال قابل قبول نبود و این مسأله تا حدود سه سال بدون جواب مانده بود. تا اینکه آووگادرو (Avogadro) فیزیکدان معروف ایتالیایی، برای از میان برداشتن تناقض بین نظریه اتمی دالتون و مشاهدات تجربی درباره ترکیب حجمی گازها (قانون گیلوساک) که امری قطعی و منکی برواقعیت بود، فرضیه جدیدی را در مورد ساختار گازها در سال ۱۸۱۱ ارائه داد که فرضیه مولکولی گازها نام گرفت و می‌توان آن را چنین بیان کرد:

«ذرات تشکیل دهنده گازها را الزاماً نباید به صورت اتمهای آزاد و مجزا از یکدیگر در توده گاز در نظر گرفت. بلکه باید این ذرات را متشکل از تعداد معینی اتم آن ماده گازی در نظر گرفت که بر اثر نیروی جاذبه معینی به یکدیگر اتصال دارند و ذره درشت تری به نام مولکول (Molecule) آن گاز را به وجود می‌آورند. مولکولهای گاز (برعکس اتم که قابل تقسیم شدن نیست) با جذب انرژی کافی و برخورد به یکدیگر، می‌توانند به اتمهای تشکیل دهنده خود تفکیک شوند».

وی برای مواد ساده گازی مانند نیتروژن، اکسیژن، کلر و غیره، مولکولهای دو اتمی در نظر گرفت که هر يك می‌تواند در شرایط مناسب به دو اتم یکسان تفکیک شود. مولکول مواد مرکب گازی و یا بخار آنها را باید متشکل از اتمهای دو یا چند نوع عنصر در نظر گرفت. مثلاً مولکول کلرید نیتروژن را متشکل از يك اتم کلر و يك اتم نیتروژن، مولکول آب را متشکل از يك اتم اکسیژن و دو اتم نیتروژن و مولکول آمونیاک را متشکل از يك اتم نیتروژن و سه اتم نیتروژن در نظر گرفت. وی بر اساس این فرض توانست قانون ترکیب حجمی گازها را به آسانی توجیه کند. زیرا با قبول فرضیه مولکولی، می‌توان هر يك حجم گاز را معادل يك مولکول از آن در نظر



صورت (۰) (معادل NH امروزی، زیرا وی (۱) را نشانه نیتروژن و (۰) را نشانه نیدروژن در نظر گرفته بود) نشان می‌داد. با توجه به اینکه معلوم شده بود حدود ۸۱/۳ درصد جرم آمونیاک را نیتروژن تشکیل می‌دهد، جرم اتمی نیتروژن را که در واقع جرمی از آن است که با یک گرم نیدروژن می‌تواند ترکیب شود، برابر ۴/۱ به دست آورده بود.

$$\text{درصد نیدروژن } ۱۷/۷ - ۸۲/۳ = ۱۷/۷$$

$$\text{نیتروژن } ۷۲/۳ \quad \text{نیدروژن } ۱۷/۷$$

$$x = ۴/۱$$

با همین روش جرم اتمی اکسیژن را ۵/۵، جرم اتمی کربن را ۴/۳ و جرم اتمی گوگرد را ۱۴/۳ به دست آورده بود که با جرم اتمی این عناصر، تفاوت بسیار زیادی داشت:

۲- برسلیوس (Berzelius) شیدیدان مشهور سوئدی با کشف فرمول درست بسیاری از مواد مرکب (بر اساس ترکیب حجمی گازها: قانون گیلوساک) مثلاً فرمول  $H_2O$  برای آب،  $HCl$  برای کلرید نیدروژن،  $NH_3$  برای آمونیاک و غیره، توانست جرم اتمی صحیح بسیاری از عناصر را به دست آورد. برای نمونه، در مورد جرم اتمی نیتروژن با توجه به فرمول مولکولی آمونیاک و ترکیب درصد جرمی، عدد ۱۳/۹۵ را به دست آورد:

$$\text{نیتروژن } ۸۲/۳ \quad \text{نیدروژن } ۱۷/۷$$

$$x = ۱۳/۹۵$$

باید توجه داشت که وی فقط در مورد جرم اتمی فلزات قلیایی، نقره، مس اشتباه اساسی مرتکب شد. زیرا، اکسید این عناصر را به صورت MO (مثلاً برای اکسید سدیم NaO) در نظر گرفت. در نتیجه جرم اتمی این فلزات را دو برابر مقدار واقعی آنها (مثلاً ۴۶ برای سدیم) به دست آورد. ولی با بررسیهای دقیق و بازبینیهای مکرر که در سالهای ۱۸۱۴، ۱۸۱۸ و ۱۸۲۶ انجام داد، سرانجام جرم اتمی نسبتاً دقیق عناصر دیگر را به دست آورد که با مقادیر متداول امروزی آنها تفاوت چندانی ندارد.

در جدول «۱»، جرمهای اتمی برخی از عناصر که در سال ۱۸۱۴ توسط برسلیوس به دست آمده بود و توسط وی در سالهای ۱۸۱۸ و ۱۸۲۶ مورد بازبینی قرار گرفت و اصلاح شد، گردآوری شده است.

ذره‌ای نوظهور بود. وجود داشت و آووگادرو نتوانسته بود این ابهام را برطرف کند. تا اینکه کانیتسارو (Canizzaro) دانشمند دیگر ایتالیایی که زمانی دانشجوی آووگادرو بود، پس از گذشت ۴۷ سال از ارائه نظریه مولکولی آووگادرو، یعنی در سال ۱۸۵۸ توانست تفاوت بین مفهومهای اتم و مولکول را دقیقاً مشخص کند و مفهوم روشنی از مولکول و ماهیت آن و تفاوت مولکول با اتم ارائه دهد که مورد پذیرش همگان قرار گرفت. نتایج بررسیها و نظر کانیتسارو در این زمینه، در مجمع شیمیدانهای اروپایی در شهر کالسروهه (Kalsruhe) که در سال ۱۸۶۵ برپا شد، به تصویب رسید و می‌توان آن را به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- مولکول کوچکترین ذره از ماده است که می‌تواند به صورت آزاد وجود داشته باشد و آن را نمی‌توان به اجزای کوچکتری تفکیک کرد، مگر آنکه ماهیت و خواص شیمیایی بنیادی خود را از دست بدهد.

۲- اتم کوچکترین ذره یک عنصر در مولکول یک ماده ساده یا مرکب است که به صورت آزاد نمی‌تواند وجود داشته باشد.

با قبول فرضیه مولکولی، تفاوت بنیادی بین جسم ساده و جسم مرکب مشخص شد. بدین ترتیب که در جسم ساده، مولکولهای از اتمهای یکسان ولی در جسم مرکب، مولکولها از اتمهای دو یا چند نوع عنصر به وجود می‌آیند. مثلاً مولکول ازون (ماده ساده) از سه اتم یکسان اکسیژن، اما مولکول کلرید نیدروژن (ماده مرکب) از یک اتم نیدروژن و یک اتم کلر تشکیل می‌شود.

### روشهای تعیین جرم اتمی

۱- اولین بار دالتون در سال ۱۸۰۷ وزن اتمی را در مفهوم سنگینی نسبی اتمها، متداول کرد. وی برای نیدروژن که سبکترین عنصر شناخته شده بود، جرم اتمی «۱» را نسبت داد و جرم اتمی عناصر دیگر را بر اساس فرمول شیمیایی که به مواد مرکب نسبت داد، با استفاده از نسبت جرمی یا حجمی ترکیب آنها با یکدیگر حساب کرد. اما با توجه به اینکه فرمولهای شیمیایی که وی برای مواد مرکب در نظر گرفته بود، درست نبود، جرمهای اتمی که برای عناصر به دست آورده بود نیز نادرست بود. به عنوان نمونه، وی فرمول آمونیاک را به

جدول ۱

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
عناصر	۱۸۱۴		۱۸۱۸		۱۸۲۶		
O		۱۶		۱۶		۱۶/۵۳	
S	SO <sub>۲</sub> , SO <sub>۳</sub>	۳۲/۱۶	SO <sub>۲</sub> , SO <sub>۳</sub>	۳۲/۱۹	SO <sub>۲</sub> , SO <sub>۳</sub>	۳۲/۲۲	SO <sub>۲</sub> , SO <sub>۳</sub>
P	P <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub>	۲۶/۸۰	PO <sub>۳</sub> , PO <sub>۵</sub>	۶۲/۷۷	P <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub>	۳۱/۴۳	P <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub>
Cl		(۳۵/۱۶)		(۳۵/۴۱)	Cl <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۳۵/۲۷	
C	CO, CO <sub>۲</sub>	۱۱/۹۸۶	CO, CO <sub>۲</sub>	۱۲/۵۵	CO, CO <sub>۲</sub>	۱۲/۲۵	CO, CO <sub>۲</sub>
N		(۱۴/۳۶)		(۱۴/۵۵)	N <sub>۲</sub> O, NO	۱۴/۱۹	N <sub>۲</sub> O, NO
H	H <sub>۲</sub> O	۱/۵۶۲	H <sub>۲</sub> O	۵/۹۹۴۸	H <sub>۲</sub> O	۱	H <sub>۲</sub> O
As	AsO <sub>۳</sub> , AsO <sub>۵</sub>	۱۳۲/۳۸	AsO <sub>۳</sub> , AsO <sub>۵</sub>	۱۵۰/۵۲	As <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , As <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub>	۷۵/۳۳	As <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , As <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub>
Cr	CrO <sub>۳</sub> , CrO <sub>۵</sub>	۱۱۳/۲۹	CrO <sub>۳</sub> , CrO <sub>۵</sub>	۱۱۲/۵۸	Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , CrO <sub>۳</sub>	۵۶/۳۸	Cr <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub> , CrO <sub>۳</sub>
Si	SiO <sub>۲</sub>	۲۸/۶۹۶	SiO <sub>۲</sub>	۲۷/۴۳	SiO <sub>۲</sub>	۴۲/۲۴	SiO <sub>۲</sub>
Hg	HgO, MgO <sub>۲</sub>	۲۰۵/۵۶	HgO, HgO <sub>۲</sub>	۲۰۵/۵۶	Hg <sub>۲</sub> O, HgO	۲۰۲/۸۶	Hg <sub>۲</sub> O, HgO
Ag	AgO <sub>۲</sub>	۲۳۰/۱۰۷	AgO <sub>۲</sub>	۲۳۲/۵۱	AgO	۲۱۶/۶	Ag <sub>۲</sub> O
Cu	CuO, CuO <sub>۲</sub>	۱۲۹/۵۳	CuO, CuO <sub>۲</sub>	۱۲۶/۶۲	Cu <sub>۲</sub> O, CuO	۶۳/۴۲	Cu <sub>۲</sub> O, CuO
Bi	BiO <sub>۲</sub>	۲۸۳/۴۸	BiO <sub>۲</sub>	۲۸۳/۸۱	Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۲۳۱/۲۲	Bi <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
Pb	PbO <sub>۲</sub> , PbO <sub>۳</sub>	۴۱۵/۵۸	PbO <sub>۲</sub> , PbO <sub>۳</sub>	۴۱۴/۲۴	PbO, Pb <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۲۰۷/۴۶	PbO, Pb <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
Sn	SnO <sub>۲</sub> , SnO <sub>۴</sub>	۲۳۵/۲۹	SnO <sub>۲</sub> , SnO <sub>۴</sub>	۲۳۵/۳	SnO, SnO <sub>۲</sub>	۱۱۷/۸۴	SnO, SnO <sub>۲</sub>
Fe	FeO <sub>۳</sub> , FeO <sub>۴</sub>	۱۱۰/۹۸	FeO <sub>۳</sub> , FeO <sub>۴</sub>	۱۰۸/۵۵	FeO, Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۵۲/۳۶	FeO, Fe <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
Zn	ZnO <sub>۲</sub>	۱۲۹/۵۳	ZnO <sub>۲</sub>	۱۲۹/۵۳	ZnO	۶۴/۶۲	ZnO
Mn	MnO <sub>۳</sub> , MnO <sub>۴</sub>	۱۱۳/۸۵	MnO <sub>۳</sub> , MnO <sub>۴</sub>	۱۱۳/۸۵	MnO, Mn <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۵۵/۴۳	MnO, Mn <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
Al	AlO <sub>۳</sub>	۵۴/۸۸	AlO <sub>۳</sub>	۵۴/۷۷	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>	۲۷/۴۳	Al <sub>۲</sub> O <sub>۳</sub>
Mg	MgO <sub>۳</sub>	۵۰/۴۷	MgO <sub>۳</sub>	۵۰/۶۸	MgO	۲۵/۳۸	MgO
Ca	CaO <sub>۳</sub>	۸۱/۶۳	CaO <sub>۳</sub>	۸۱/۹۳	CaO	۴۱/۵۳	CaO
Na	NaO <sub>۳</sub>	۹۴/۶۹	NaO <sub>۳</sub>	۹۳/۵۹	NaO	۴۶/۶۲	Na <sub>۲</sub> O
K	KO <sub>۳</sub>	۱۵۶/۴۸	KO <sub>۳</sub>	۱۵۶/۷۷	KO	۷۸/۵۱	K <sub>۲</sub> O

بر طبق نظر کانتیسارو، نشئت می‌گیرد که اتم را کوچکترین ذره يك عنصر می‌دانند که فقط می‌تواند در ترکیبات شرکت کند. بر اساس این اصل که در سال ۱۸۵۸ توسط کانتیسارو بیان شد، جرم اتمی يك عنصر، کمترین مقداری از آن باید باشد که در يك مولکول از ترکیبات مختلف آن شرکت دارد. بدیهی است که از این اصل زمانی می‌توان برای محاسبه جرم اتمی يك عنصر استفاده کرد که تمام ترکیبات ممکن آن شناخته شده باشد. با بررسیهایی که در آن زمان صورت گرفته بود، نتایجی در مورد درصد جرمی نئیدروژن، کربن و اکسیژن در ترکیبات مختلف آنها به دست آمد که در جدول ۲ گردآوری شده است.

یادآوری می‌شود که در ستونهای ۲، ۴ و ۶ این جدول فرمول اکسیدهای این عناصر که بر سلیوس آنها را پیشنهاد کرده بود، نشان داده شده است. ستون ۸ این جدول نیز فرمول اکسیدهای عناصر را به صورتی که امروزه متداول است، نشان می‌دهد.

جرم اتمی عناصر در ستونهای ۳، ۵ و ۷ به ترتیب بر مبنای  $H=1$  و  $O=16$  توسط بر سلیوس محاسبه شد.

### ۳- اصل کانتیسارو

این اصل، در واقع از نظریه اتمی و مفهوم اتم و مولکول

جدول ۲  
الف) در مورد ئیدروژن

جرم ئیدروژن در هر مول (گرم)	جرم مولی	فرمول	ترکیب
۲	۲	H <sub>۲</sub>	ئیدروژن
۴	۱۶	CH <sub>۴</sub>	متان
۶	۳۰	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub>	اتان
۲	۱۸	H <sub>۲</sub> O	آب
۲	۳۴	H <sub>۲</sub> S	سولفید ئیدروژن
۱	۲۷	HCN	سیانید ئیدروژن
۱	۳۶/۵	HCl	کلرید ئیدروژن
۳	۱۷	NH <sub>۳</sub>	آمونیاک
۵	۷۹	C <sub>۵</sub> H <sub>۵</sub> N	پیریدین

ب) در مورد کربن

جرم ئیدروژن در هر مول (گرم)	جرم مولی	فرمول	ترکیب
۱۲	۴۴	CO <sub>۲</sub>	دی اکسید کربن
۱۲	۲۸	CO	مونو اکسید کربن
۲۴	۲۶	C <sub>۲</sub> H <sub>۲</sub>	استیلن
۱۲	۷۶	CS <sub>۲</sub>	دی سولفید کربن
۷۲	۷۸	C <sub>۶</sub> H <sub>۶</sub>	بنزن
۲۸	۷۴	C <sub>۴</sub> H <sub>۱۰</sub> O	دی اتیل اتر
۳۶	۵۸	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub> O	استن
۱۲۰	۱۲۸	C <sub>۱۰</sub> H <sub>۸</sub>	نفتالن

ج) در مورد اکسیژن

مقدار اکسیژن در هر مول (گرم)	جرم مولی	فرمول	ترکیب
۳۲	۳۲	O <sub>۲</sub>	اکسیژن
۱۶	۱۸	H <sub>۲</sub> O	آب
۱۶	۲۸	CO	مونو اکسید کربن
۱۶	۴۴	CO <sub>۲</sub>	دی اکسید کربن
۱۶	۴۴	N <sub>۲</sub> O	همی اکسید نیتروژن
۱۶	۳۰	NO	مونو اکسید نیتروژن
۳۲	۶۴	SO <sub>۲</sub>	دی اکسید گوگرد
۴۸	۸۰	SO <sub>۳</sub>	تری اکسید گوگرد

همان طور که از داده‌های این جدولها برمی آید، کمترین مقدار ئیدروژن، اکسیژن و یا کربن که می‌تواند در يك مول از ترکیبات آنها شرکت داشته باشد، به ترتیب برابر ۱، ۱۲ و ۱۶ گرم است.

از این رو، کانتیسارو، با توجه به اصلی که ارائه داد، برای ئیدروژن، کربن و اکسیژن به ترتیب جرم اتمی ۱، ۱۲ و ۱۶ را در نظر گرفت. برای عناصر دیگر نیز به روش مشابهی عمل کرد و توانست جرم اتمی آنها را به طور نسبتاً دقیق به دست آورد.

#### ۴- استفاده از طیف خطی پرتوهای X عناصر

می‌دانیم که بررسیهای انجام شده بر روی طیف پرتوهای X عناصر که توسط مزلی (Moseley) فیزیکدان انگلیسی صورت گرفت، معلوم شد که جذر فرکانس هر خط طیفی در پرتوهای X يك عنصر، تابعی خطی از عدد اتمی آن عنصر است. یعنی می‌توان نوشت:

$$\sqrt{\nu} = a(z - b)$$

که در آن  $\sqrt{\nu}$  جذر فرکانس خط طیفی پرتوهای X عنصر، Z عدد اتمی

آن،  $a$  و  $b$  نیز ثابت‌هایی اند که به عنصر مورد آزمایش بستگی ندارند، بلکه به خط طیفی معین مربوط اند. مثلاً برای خط طیفی  $K_{\alpha}$  تمام عناصر  $b=1$  و  $a=5 \times 10^2$  است. با استفاده از این معادله که اساس یکی از دقیقترین روش تعیین عدد اتمی عناصر است، می‌توان جرم اتمی تقریبی عناصر، به ویژه عناصر سبک را اندازه گرفت. زیرا در بسیاری از عناصر سبک جرم اتمی تقریباً دو برابر عدد اتمی آنها

$$M \approx 2Z$$

و در عناصر سنگین نیز حداکثر به میزان ۲۵ درصد از این مقدار فزونی دارد. برای روشن شدن مطلب به حل تمرینی می‌پردازیم:

### تمرین

در صورتی که فرکانس خط طیفی  $K_{\alpha}$  برای فلز کلسیم برابر  $90/25 \times 10^{16}$  هر تری باشد، عدد اتمی و عدد جرمی آن را معین کنید.

### حل

با توجه به توضیحات بالا می‌توان نوشت:

$$\sqrt{90/25 \times 10^{16}} = 5 \times 10^2 (Z-1)$$

$$9/5 \times 10^8 = 5 \times 10^2 (Z-1)$$

$$(Z-1) = \frac{9/5 \times 10^8}{5 \times 10^2} = 19$$

$$Z = 19 + 1 = 20$$

$$M = 2Z = 2 \times 20 = 40$$

### ۵- استفاده از جرم مولکولی و گرمای ویژه گازها

می‌دانیم که با داشتن جرم حجمی و یا چگالی نسبی گازها می‌توان جرم مولکولی آنها را حساب کرد. با توجه به اینکه گرمای ویژه گازهای یک اتمی، دو اتمی و سه اتمی (جور هسته) در شرایط معارفی به ترتیب برابر ۵، ۷ و ۸ کالری بر اتم گرم در درجه است، می‌توان جرم اتمی عناصر گازی شکل را با استفاده از جرم مولکولی آنها حساب کرد. برای روشن شدن موضوع به حل ۲ تمرین می‌پردازیم:

### تمرین

در صورتی که جرم حجمی یک جسم ساده گازی ( $A_n$ ) ۲/۱۴۳ گرم بر سانتیمتر مکعب (در شرایط متعارفی) و گرمای ویژه مولی آن در فشار ثابت، برابر ۸ کالری بر اتم گرم در درجه باشد، جرم اتمی عنصر  $A$  را حساب کنید.

### حل

$$\text{جرم مولی} = 22/4 \times 2/143 \approx 48$$

با توجه به مقدار گرمای ویژه مولی این گاز (۸ کالری بر اتم گرم در درجه) می‌توان دریافت که مولکول آن سه اتمی و فرمول مولکولی آن  $A_3$  است. از این، می‌توان نوشت:

$$M = 3A = 48$$

$$A = 16 \quad \text{جرم اتمی عنصر } A$$

### تمرین

چگالی بخار جیوه نسبت به گاز نیتروژن برابر ۷/۱۴ است. در صورتی که گرمای ویژه بخار جیوه در فشار ثابت، ۵ کالری بر اتم گرم در درجه باشد، جرم اتمی جیوه را حساب کنید.

### حل

چگالی بخار جیوه نسبت به گاز نیتروژن =

$$\frac{\text{جرم مولی بخار جیوه}}{\text{جرم مولی نیتروژن}} = \frac{M}{28}$$

$$7/14 = \frac{M}{28}$$

$$M \approx 200$$

با توجه به مقدار گرمای ویژه جیوه (۵ کالری بر اتم گرم در درجه) می‌توان دریافت که بخار جیوه تک اتمی است. پس جرم اتمی جیوه برابر ۲۰۰ است.

### ۶- با استفاده از قاعده دولن و پتی

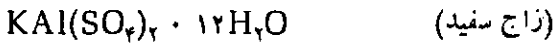
#### (Dulong & Petit)

دولن و پتی (فرانسوی) با بررسیهای خود در مورد ارتباط گرمای ویژه عناصر با جرم اتمی آنها، در سال ۱۸۱۹ دریافتند که در مورد عناصر جامد سنگین (که جرم اتمی آنها بزرگتر از ۳۵ باشد)، حاصلضرب گرمای ویژه (بر حسب کالری بر گرم در درجه) در جرم اتمی آنها که گرمای اتمی نامیده می‌شود، مقدار

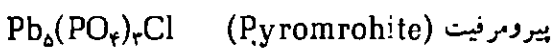
تقریباً ثابتی در حدود ۶/۲ کالری بر اتم گرم در درجه است. یعنی می‌توان نوشت:  $C \cdot M \approx 6.2$  مقادیر دقیق گرمای ویژه جرم اتمی و گرمای اتمی چند عنصر جامد در جدول زیر گردآوری شده است:

عناصر	جرم اتمی	گرمای ویژه (Cal/g. deg)	گرمای اتمی (Cal/g. atom. deg)
گوگرد	۳۲/۰۶	۰/۱۷۶	۵/۶
مس	۶۳/۵۴	۰/۰۹۲	۵/۹
آهن	۵۵/۸۵	۰/۱۰۷	۶/۰
طلا	۱۹۶/۹۷	۰/۰۳۱	۶/۰
روی	۶۵/۳۷	۰/۰۹۱	۶/۱
سرب	۲۰۷/۱۹	۰/۰۳۱	۶/۳
فلج	۱۱۸/۶۹	۰/۰۶۳	۶/۴
ید	۱۲۶/۹۰	۰/۰۵۲	۶/۶

دهند. وی پیشنهاد کرد که این نوع مواد بلوری باید دارای فرمول شیمیایی مشابه باشند. مثلاً انواع زاجها در سیستم مکعبی با آرایش ۸ وجهی متبلور می‌شوند و بررسیها نشان داد که همه آنها دارای فرمول مشابهی اند مثلاً زاج سفید با زاج کروم همریخت است و فرمول شیمیایی آنها نیز مشابه یکدیگر است:



این کشف میچرلیچ، کمک زیادی در محاسبه جرم اتمی عناصر کرد. جالبترین نمونه آن، محاسبه جرم اتمی وانادیم توسط روسکو (Roscoe) پژوهشگر انگلیسی در سال ۱۸۶۷ بود. یادآوری می‌شود که برسلیوس در سال ۱۸۳۱ جرم اتمی وانادیم را برابر ۶۸/۶ به دست آورده بود که با مقدار واقعی آن یعنی ۵۰/۹۴ تفاوت زیادی دارد. زیرا برسلیوس، جرم اتمی وانادیم را بر اساس فرمولی که به یکی از ترکیبات طبیعی آن یعنی وانادیت (Vanadite) نسبت داده بود حساب کرد. وی فرمول وانادیت را به صورت  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  در نظر گرفته بود (علت این بود که وی اکسید VO را عنصر وانادیم پنداشته بود). اما روسکو در سال ۱۸۶۷ دریافت که وانادیت با سه ترکیب دیگر طبیعی همریخت (ایزومرف) است. این سه ترکیب عبارت انداز:



از این رو، با توجه به قانون همریختی میچرلیچ، متوجه شد که فرمول وانادیت را به صورت  $Pb_5(VO_4)_3Cl$  باید در نظر گرفت. در نتیجه، جرم وانادیم را ۵۰/۹ به دست آورد که با جرم اتمی دقیق آن یعنی ۵۰/۴۹۲ بسیار نزدیک است.

### پانوشتها:

۱- Phlogyston به معنی قابل اشتعال یا آتش‌گر است و طرفداران نظریه فلوریزستون می‌پنداشتند که هر ماده سوختی مقداری فلوریزستون همراه دارد.

\* البته در آن زمان به جای جرم، وزن را به کار می‌بردند.  
\* در کتابهای درسی، به جای واژه هم‌ارز، واژه اکیوالان به کار رفته است.

### مثال

گرمای ویژه بیسموت برابر ۰/۰۹۴ کالری بر گرم در درجه است. جرم اتمی تقریبی آن را با استفاده از قاعده دولن-پتی حساب کنید.

### حل

با استفاده از رابطه بالا، می‌توان نوشت:

$$0.0294 \times M = 6.2$$

$$M = \frac{6.2}{0.0294} = 210.88$$

مقدار دقیق جرم اتمی بیسموت ۲۰۸/۹۸ است.

### ۷- استفاده از قانون همریختی (همشکلی):

#### (Isomorphism)

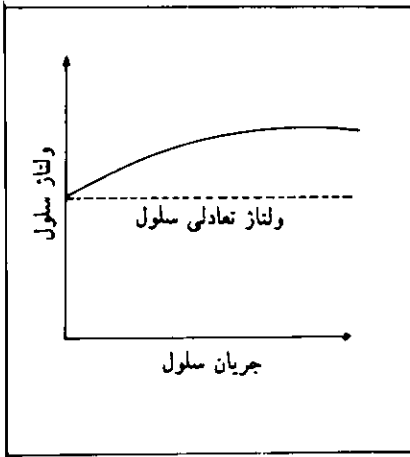
می‌دانیم که میچرلیچ (Mitscherlich) شیمیدان آلمانی، در سال ۱۸۱۹، پدیده همریختی را کشف کرد. یعنی وی با بررسیهایی که بر روی ساختار بلورهای یونی انجام داد، دریافت که برخی از بلورهای یونی دارای شکل هندسی یکسان اند و می‌توانند به هر نسبتی در ساختار بلور واحدی که با آنها همشکل است، شرکت کنند. به بیانی دیگر، می‌توانند به هر نسبتی محلولهای جامد (Solid Solutions) تشکیل

# تبدیل انرژی

## شیمیایی و الکتریکی

### به یکدیگر:

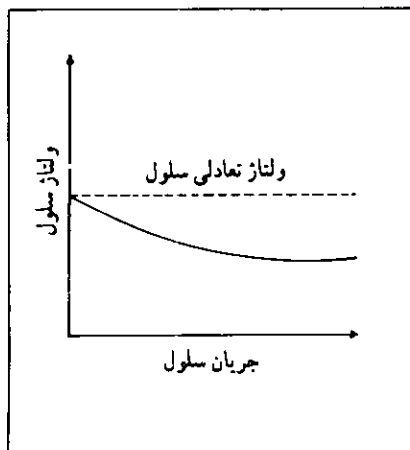
این مقاله  
به کتاب شیمی  
سال سوم علوم تجربی -  
ریاضی و فیزیک مربوط است.



شکل - ۱. طرح بستگی ولتاژ - جریان در یک سلول راندنی

زمانی به دلیل حصول آهسته شرایط تعادل در نتیجه پدیده قطبش نظیر قطبش غلظتی (۷) بزرگتر از مقدار برگشت پذیر خود باقی می ماند. در این میان بایستی بر روی این نکته تأکید ورزیم که به واسطه همین اضافه ولتاژ است که سلول، نه مانند سلول سوختی نیدروژن - اکسیژن، قادر است وسایل الکترومکانیکی نظیر ساعتی که معمولاً به یک نیروی محرکه تقریباً  $1/5$  ولتی نیاز دارد، به کار اندازد.

برعکس در یک پیل سوختی که سلولی خودران است، برای مثال مولد انرژی است، ولتاژ سلول در موقع عبور جریان همواره از مقدار ماکسیمم برگشت پذیر آن به دلیل وجود فرایندهای قطبش کوچکتر است (۶)،



شکل - ۲. طرح بستگی ولتاژ - جریان در یک سلول خودران

## الکترولیز آب و پیل سوختی نیدروژن - اکسیژن

Sergio Roffia, Vittorio Concialini, and Carmen Paradisi

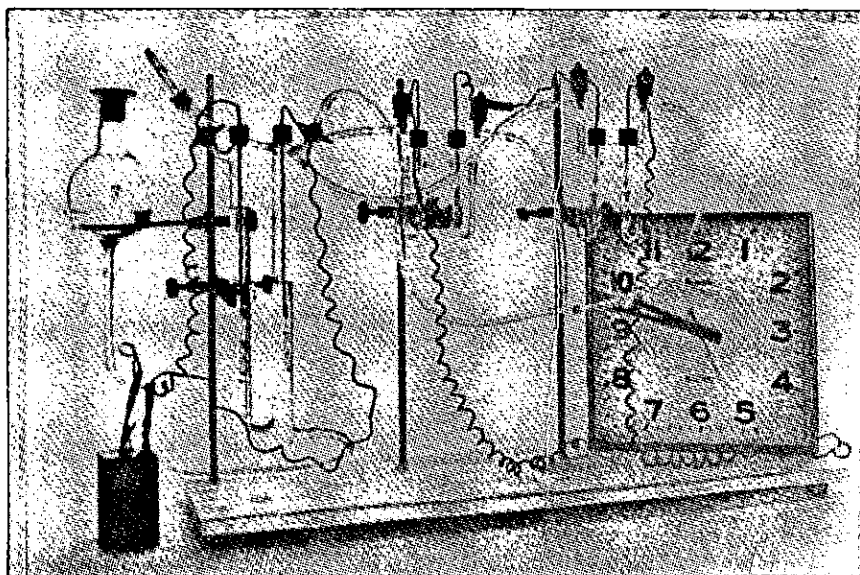
مجله: Chemical Education جلد ۶۵، شماره ۸ آگوست ۱۹۸۸

ترجمه: دکتر حسین آقایی  
دانشیار دانشگاه تربیت معلم

می شود الگوی خوبی برای یک سلول سوختی نیست: نخست اینکه اختلاف پتانسیلی که درست پس از الکترولیز اندازه گیری می شود (نوعاً کمی بزرگتر از ۲ ولت) نسبتاً از مقدار حد ترمودینامیکی آن ( $1/23$  ولت) که برای سلول سوختی نیدروژن - اکسیژن در  $25^{\circ}\text{C}$  مورد انتظار است بزرگتر می باشد. دوم فقدان تداوم تبدیل انرژی است که از ویژگیهای یک سلول سوختی می باشد.

تا آنجا که به دلیل اول مربوط است، ولتاژی که در بین الکترودها پس از قطع الکترولیز برقرار می شود از  $1/23$  ولت بزرگتر است؛ زیرا در یک سلول راندنی برای مثال سلولی که به کمک یک توان خارجی رانده می شود، ولتاژ سلول بایستی از مقدار تعادلی آن به دلیل وجود قطبش بزرگتر باشد (شکل - ۱) (۶). بنابراین ولتاژ درست پس از قطع الکترولیز برای مدت

در مورد تبدیل انرژی شیمیایی و الکتریکی به یکدیگر، بحث و استدلالهای الکتروشیمیایی زیادی تا به امروز به عمل آمده است (۱ - ۴). در برخی از آنها از الکترولیز آب برای نشان دادن تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی استفاده شده، و به طور همزمان از اختلاف پتانسیل الکتریکی که در همان سلول الکترولیز در موقع فرایند الکترولیز پدید می آید برای تبدیل معکوس یعنی تبدیل انرژی شیمیایی به انرژی الکتریکی بهره گیری به عمل آمده، است (۲ - ۵). از این انرژی غالباً برای به کار انداختن یک موتور dc کوچک LED و مانند آن استفاده می شود. وقتی که سلول به صورت اخیر کار کند به آن یک سلول سوختی نیدروژن - اکسیژن می گویند. در حقیقت بر پسابه، در دلیل، سیستم الکتروشیمیایی که در پیل الکترولیز در یک شرایط غالب تشکیل



چگونگی آن مطابق شکل ۲ می‌باشد. از گفته‌های بالا نتیجه می‌شود که سلول درست پس از الکترولیز، الگوی خوبی از یک سلول سوختی هیدروژن - اکسیژن نیست. حال به قسمت دوم موضوع که از آن به نام مسئله تداوم تبدیل یاد کردیم برمی‌گردیم؛ در اینجا بایستی به این نکته مهم توجه کنیم که تشکیلاتی که در آن از سلول پس از الکترولیز به عنوان یک سلول سوختی در تبدیل انرژی شیمیایی - انرژی الکتریکی به یکدیگر استفاده می‌شود، تداوم را از میان می‌برد. در واقع موقعی که الکترولیز به دلیل زوال اختلاف پتانسیل با زمان بطور عمده در نتیجه قطبش متوقف شود، ساعتی که بایستی از این راه کار کند بیش از یک دقیقه یا در همین حدود قادر به ادامه کار نخواهد بود. برعکس، یک سلول سوختی معمولاً بدین منظور ساخته می‌شود که بطور مداوم انرژی شیمیایی یک سوخت و یک ماده اکسید کننده را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. برای این تبدیل انرژی، از سلولی متشکل از الکترولیت ۱ - الکترولیت - الکتروکود ۲ - الکترولیت استفاده می‌شود (۸ و ۹).

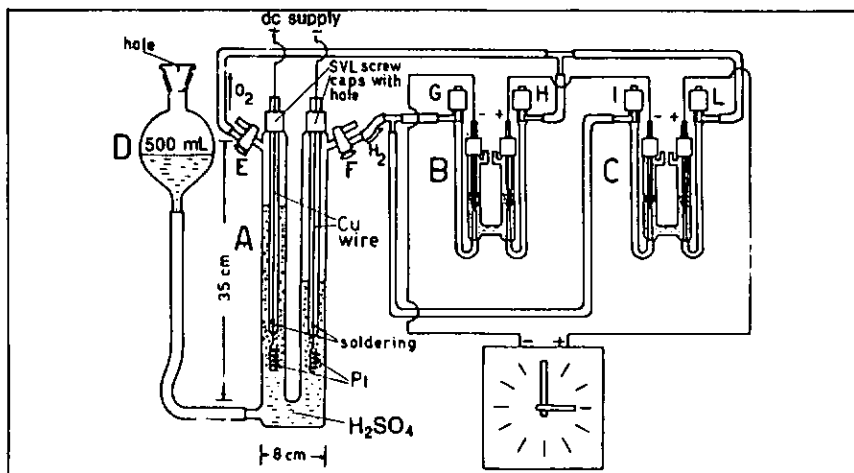
شکل ۴ - تصویر دستگاه طراحی شده در شکل ۳ یاد شده در شکل ۴ نشان داده شده است و نمونه بزرگ شده‌ای از یکی از سلولهای سوختی B و C در شکل ۵ معرفی شده است. تیدروژن و اکسیژن در نتیجه فرایند الکترولیز در سلول A نشان داده شده در شکل ۳ حاصل می‌شوند. به دنبال آن این گازها به داخل سلولهای سوختی B و C هدایت می‌شوند. سلولهای B و C به طور متوالی به هم بسته شده‌اند. از اختلاف پتانسیل کلی که در بین قطبهای دو سلول حاصل می‌شود برای به راه انداختن یک ساعت برقی استفاده می‌شود. چون ولتاژ لازم برای کار کردن ساعت در حدود ۱/۵ ولت است (معمولاً

در شکل ۳ دستگاه ساده‌ای نشان داده شده است که به کمک آن می‌توان الکترولیز آب را انجام داد و سپس محصولات به دست آمده از آنرا مجدداً به آب تبدیل کرد و بر اشکالات بیان شده در بالا چیره شد. تصویری از دستگاه

توسط یک سلول لکلانسه تأمین می‌شود) بنابراین بایستی از یک زوج سلول سوختی استفاده شود؛ زیرا هر یک از آنها در شرایط ساکن ولتاژی در حدود ۱ ولت فراهم می‌آورند. در این ترتیب اختلاف پتانسیل هر یک از سلولهای سوختی هیچوقت حقیقتاً از مقدار ترمودینامیکی حدی آن، ۱/۲۳ ولت فراتر نمی‌رود و تداوم کار سلولهای سوختی بسته به آن است که تغذیه الکتریکی طوری پیوسته صورت گیرد که شرایط لازم برای کار کردن سلول سوختی فراهم آید.

مواد و روشها

الکترودهای به کار رفته در سلول الکترولیز از پلاتین صاف بوده و الکترودهای به کار رفته در سلولهای سوختی از پلاتین پلاتین دار شده تشکیل شده است. پلاتین دار کردن به روش پتانسیل ساکن در ۰.۰۵ ولت و در مقابل الکتروکود برگشت پذیر هیدروژن و با استفاده از محلول ۰.۰۲ M  $H_2PtCl_6$  / ۱ M HCl انجام گرفته است. در تمام آنها از محلول ۱ M  $NH_4SO_4$  به عنوان الکترولیت سلول استفاده شده است. دو شیر دو راهه در بالای دو بازوی F و E سلول الکترولیز طوری نصب شده است که گازهایی



شکل ۳ - (A) سلول الکترولیتی (B و C) سلولهای سوختی برای مطالعه تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی به یکدیگر

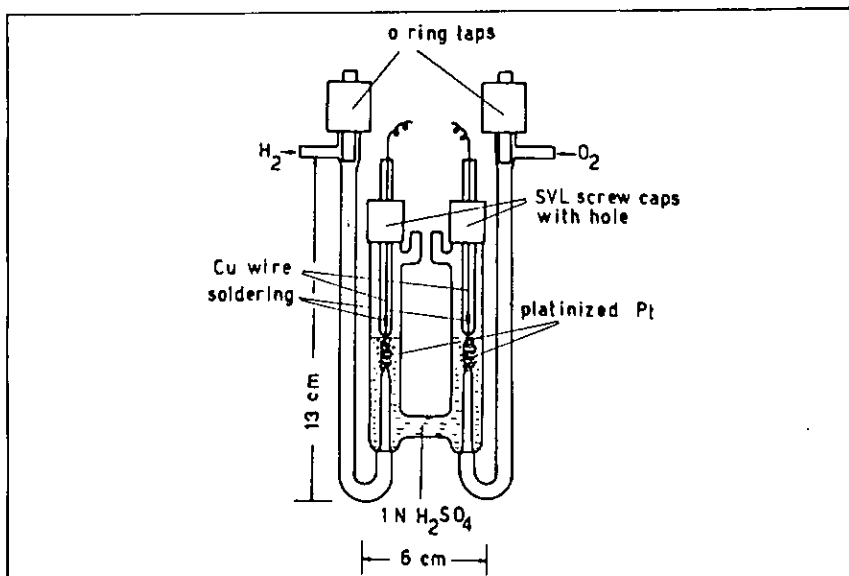
سطح محلول در سلول A عملاً ثابت بماند. بدینسان اختلاف پتانسیل در بین الکترودهای دو سلول سوختی افزایش می‌یابد و پس از چند دقیقه به مقدار کلی ساکن آن که کمی بیش از ۲ ولت است می‌رسد. پس از برقراری ایمن شرط، پایانه‌های سلولها را به ساعتی که بناست به کار افتد متصل می‌کنند.

در این شرایط سیستم به طور دائم در حال کار خواهد بود و به طور همزمان، در آن از یک طرف انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی در سلول الکترولیتی تبدیل می‌شود و از طرف دیگر تبدیل معکوس آن در سلولهای سوختی انجام می‌گیرد.

می‌توان با جمع‌آوری نیدروژن و اکسیژن از راه شیرهای E و F و نشان دادن خواص آن گاز تجربه را کامل کرد.

### مراجع

1. Dawson, B. E., Ed. Revised Nuffield Chemistry Teachers' Guide II; Longman: London, 1978; P 315.
2. Feinstein, H. I; Gale, V. J. Ghem. Educ. 1977, 54, 432.
3. Skinner, J. F. J. Chem. Educ. 1977, 54, 619.
4. Gilbert, G. L. J. Chem. Educ. 1980, 57, 216.
5. Ref 1, P 324.
6. Bockris, J. O'M; Reddy, A. K. N. Modern Electrochemistry: Plenum / Rosetta: New York, 1973; Vol. 2, P 1129.
7. Bockris, J. O'M.; Conway, B. E; Yeager, E.; White, R. E., Eds, Comprehensive Treatise of Electrochemistry; Plenum: New York, 1981; Vol. 3, P 143.
8. NEMA Standard, Publication No. CV - I, National Electrical Mfgs, Assoc.: New York, 1968.
9. Cameron, D. CHEMTECH 1979, 9, 633.
10. Woods, R. Electrochim. Acta 1968, 13, 1967.



شکل - ۵. نمونه بزرگ شده یکی از دو سلول B و C نشان داده شده در شکل ۳.

می‌شود بیرون رانده نشده باشد ادامه می‌یابد و پس از آن الکترولیز به طور خودکار قطع می‌شود. در این موقع شاخه‌ای که در آن اکسیژن تولید می‌شود فقط نیمه پر است که با استوکیومتری واکنش سازگار است. هرگاه بخواهیم الکترولیز باز هم ادامه یابد، کافی است که شیر F مربوط به شاخه‌ای که پر از نیدروژن است باز کنیم تا مقداری از گاز از آن خارج شود و محلول الکترولیت مجدداً در آن شاخه بالا آید و با الکتروده تماس پیدا کند. در پی اینکار الکترولیز مجدداً آغاز خواهد شد و سطح محلول در شاخه محتوی گاز اکسیژن باز هم پایین‌تر خواهد آمد. با تکرار آن می‌توان ترتیبی داد که حجم گازها در دو شاخه عملاً مساوی هم شود. در این عملیات انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌یابد. اکنون تبدیل معکوس فرایند بالا را در نظر می‌گیریم. شیرهای E و F را آنچنان می‌گردانیم که سلول الکترولیز با لوله‌هایی که گازها را به سلولهای سوختی می‌رسانند ارتباط حاصل کنند. پس از آن با اتصال دائمی منبع جریان مستقیم، شیرهای I و H در سلولهای سوختی را طوری تنظیم می‌کنند که ضمن راه یافتن  $H_2$  و  $O_2$  به درون سلولهای سوختی،

که از ابتدا موجودند و گازهایی که از راه الکترولیز تولید می‌شوند بتوانند به داخل سلولهای سوختی وارد و یا از آنها خارج شوند.

آزمایش با پر کردن سلولهای سوختی B و C با محلول نرمال  $H_2SO_4$  به طوری که الکترودها کاملاً در آن قرار گرفته باشند انجام می‌شود. منبع D نیز با همان محلول  $1N NH_4SO_4$  پر می‌شود، سپس با حرکت آن و استفاده از شیرهای دو راهه ترتیبی می‌دهند که همه هوای درون سلول الکترولیز به بیرون رانده شود و سلول از محلول کاملاً پر گردد. پس از آن شیرها بسته می‌شوند و منبع مستقیم که تقریباً ۶ ولتی است به الکترودهای سلول الکترولیز وصل می‌شود و در پی آن  $H_2$  و  $O_2$  شروع به حباب زدن می‌کنند. این حبابهای گاز در بالای شاخه‌های ظرف الکترولیز جمع می‌شوند و در نتیجه سطح مایع در آنها پایین می‌آید. در شاخه‌ای که نیدروژن جمع می‌شود، سطح مایع در حدود دو برابر شاخه دیگر پایین می‌آید، زیرا حجم نیدروژن حاصل از الکترولیز دو برابر حجم اکسیژن به دست آمده از آن است. تولید گاز تا موقعی که همه محلول اطراف الکترودهای سوختی در آن تولید



# روی

## عنصر بی‌مانند زیستی

### اصول

### و کاربردهای آن

### در شیمی غیرآلی زیستی

این مقاله به کاربردهای شیمی رهنه پیوندهای زیست‌مربوط است.

نویسنده: Ei-Ichiro Ochiai Juniata College, Huntingdon, Pa 16652

ترجمه: دکتر حسین آقایی، دکتر محمدحسین عزیزی

منبع: Journal of Chemical Education Volume 65 Number 11 November 1988

مجله آموزش شیمی - نوامبر ۱۹۸۸

تراکم) همراه است، مانند واکنشهایی که توسط ترانسفرازها، لیاها و لیگازها کاتالیز می‌شوند که اغلب آنزیم‌های به کار رفته در آنها نیز روی دارند. مرحله بسیار سخت در این گونه واکنشهای آنزیمی قطبی شدن برخی از پیوندهای مربوطه است؛ زیرا قطبی شدن، سرعت تهاجم بعدی توسط یک عامل هسته دوست را تقویت می‌کند (۵)؛ لذا باید چگونگی عملکرد روی (Zn (II) در زمره اسید لوئیس باشد. هم چنین ماهیتی از روی می‌تواند با ردیف کردن دقیق سوبستراها و ایجاد هماهنگی در آنها، عمل کاتالیز شدن را آسان سازد (۵).

آنچه در این رابطه ممکن است عجیب به نظر آید این است که روی در آنزیمهای اکسایشی - کاهش‌ی مانند الکل دهیدروژناز کبیدی نقشی اساسی را ایفاء می‌کند، که به NAD<sup>+</sup> وابسته است در این واکنش انتقال نیدرید از الکل سوبسترا به NAD<sup>+</sup> انجام می‌شود. این مرحله بدان نیازمند است که سوبسترا از قبل نسبت به کوآنزیم NAD<sup>+</sup> در وضعیت مناسبی قرار گیرد. به نظر می‌رسد که در اینجا روی به دو هدف کمک می‌کند (۶):

با اتصال به سوبسترا آنرا در وضعیت مناسب قرار می‌دهد، هم چنین پیوند مجاور را قطبی می‌کند تا جداسازی هیدرید را آسان کند، لذا به نظر می‌رسد که در آنزیمهای هیدرولیزکننده، عملکردهای اساسی روی مشابه عملکردهای آن در دهیدروژناز است.

بیان شد (در واقع، روی یک عنصر بی‌مانند است) این مقاله می‌کوشد که دست کم پاسخی هرچند ناکامل به این پرسش که چرا روی یک عنصر بی‌مانند است، ارائه دهد، به طوری که با اهداف کلی این مجموعه توافق داشته باشد.

#### عملکردهای روی در آنزیمها:

بیشترین آنزیمهای رویی به عنوان «نیدرولازها» دسته‌بندی می‌شوند. این آنزیم‌ها عمل نیدرولیز پیوندهای متراکم مانند آنچه در پیروفسفات، استریدها، گلیکوزیدها و سایر پیوندها دیده می‌شود. کاتالیز می‌کنند. در واقع عاملاً در سبب شکستن پیوند هستند. می‌توان واکنشهایی متضاد با واکنش تشکیل پیوند را با تشکیل پیوند و از دست رفتن ماهیتی چند (نسوعی

در بین عنصرهای اساسی که به مقدار جزئی در بدن آدمی یا در بدن هر موجود زنده‌ای یافت می‌شوند، روی از نظر مقدار در مرتبه دوم و بلافاصله پس از آهن قرار می‌گیرد. روی در تعداد زیادی از آنزیمها وجود دارد (در یک مقاله مروری که در سال ۱۹۸۴ منتشر شد، فهرست ۲۰۲ آنزیم رویی (Zinc Enzyme) آمده است (۱). به علاوه آنزیمهای رویی در بین انواع مختلفی از گروههای آنزیمی (مانند آنزیمهای اکسایشی - کاهش‌ی، ترانسفرازها آنزیمهای هیدرولیزکننده، لیاها، ایزومرازها و لیگازها) دیده می‌شوند. پی‌ری (Pirie) می‌نویسد «زیست‌شناسان از توضیح جامع و قابل درکی در مورد ویژگیهای دقیق اتم روی که با موقعیت برتر آن متناسب باشد، استقبال می‌کنند» (۲).

برحسب مفهومی که در پاراگراف قبلی

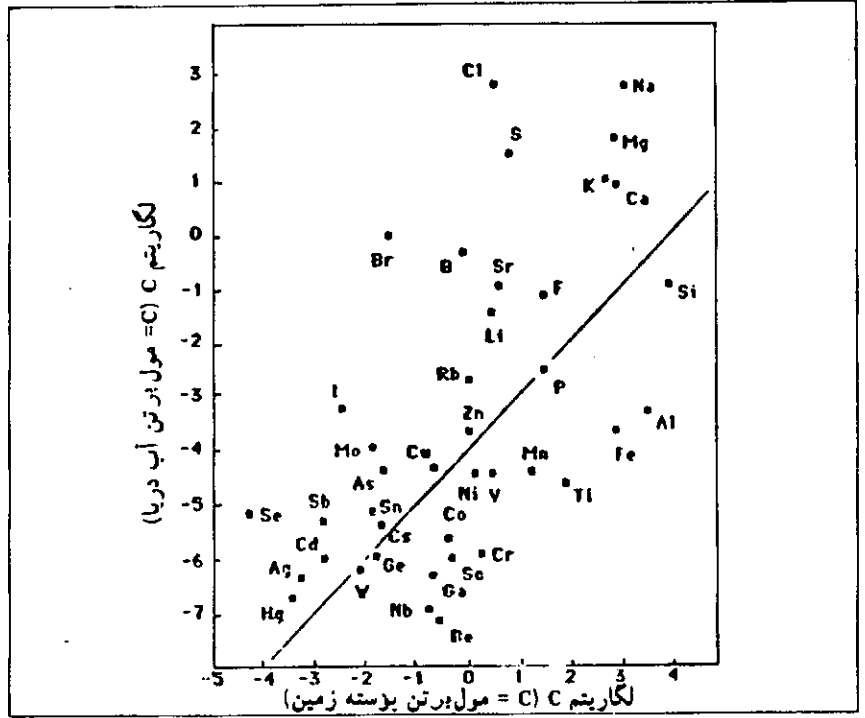
#### ارتباط با توزیع عنصری (قاعده فراوانی):

در مقاله نخست از این مجموعه، چهار قاعده برای پاسخگویی به پرسشی که پی‌ری مطرح نموده، پیشنهاد شده است. قاعده ۲ (قاعده فراوانی) چنین بیان می‌کند که: موجودات زنده، عناصر فراوان‌تر و در دسترس‌تر را برتری می‌دهند. اجازه بدهید که موقعیت روی را از این لحاظ بررسی کنیم.

نسبتاً فراوان ترند، زیرا به صورت یسونهای محلول  $MoO_4^{2-}$  و  $SeO_4^{2-}$  درمی آیند، این امر درباره S ( $SO_4^{2-}$ ) نیز صادق است.

همانگونه که در مقاله پیشین آمده است (۴) چنین برداشت می شود که میزان آهن و منگنز در آب دریاهاى اولیه نسبت به آب دریاهاى امروزی بالاتر بوده است، زیرا این عناصر در گذشته به صورت ترکیبهای محلول تری از Fe(II) و Mn(II) وجود داشته اند. از روی خط نشان داده شده در شکل ۱ که همبستگی موردنظر درباره فلزهای واسطه دو ظرفیتی نمونه (مانند Cu(II) و Zn(II) و غیره) را نمایان می کند، مقادیر واقعی Fe(II) و Mn(II) در آب دریاهاى قدیمی (دوره آرکسیان؛ ۲/۵ - ۳/۵ بیلیون سال پیش) را به طور تقریبی می توان تخمین زد.

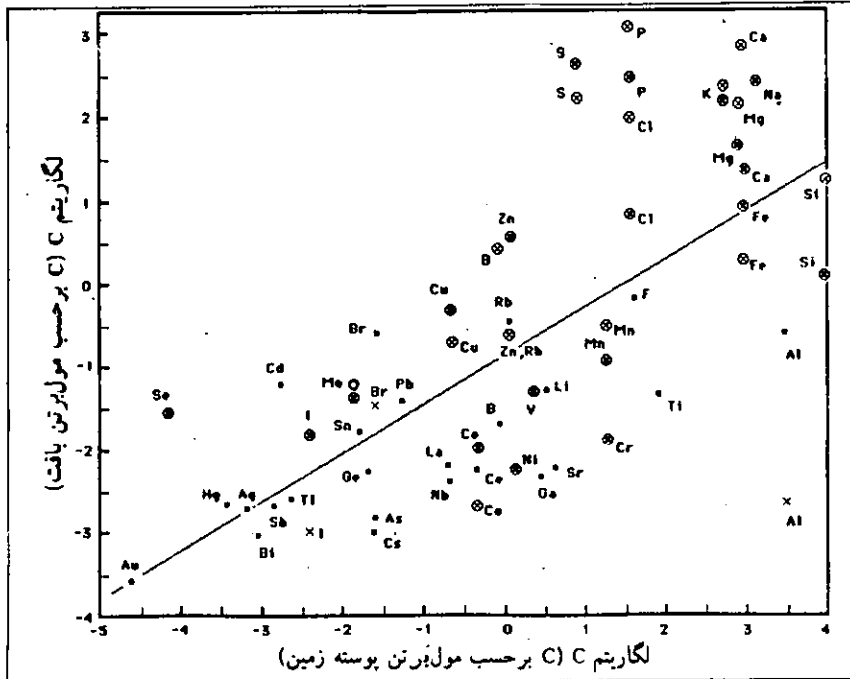
اینک به همبستگی میزان فراوانی عناصر در بدن موجودات زنده و در محیط، به گونه ای که در آنها یافت می شوند؛ بازمی گردیم. در شکل ۲ نمودار توزیع عنصری در بافت خشک کبد انسان (به طور متوسط) و در گیاه یونجه



شکل ۱: مقایسه فراوانی عنصری در آب دریاهاى امروزی با پوسته زمین.

استثنایی غلظتهای بالاتری را از خود نشان دهند. Se و Mo، دو عنصری که فراوانی آنها در پوسته زمین بسیار اندک است، در آب دریا

در شکل ۱، ترکیب درصد عنصری پوسته زمین با ترکیب درصد عنصری آب دریاهاى امروزی مقایسه شده است. هیچ همبستگی روشنی بین این دو نمی توان انتظار داشت، زیرا غلظت یک عنصر در آب دریا تحت تأثیر عوامل متعددی به غیر از فراوانی عنصری پوسته ای زمین، مانند pH، دما و مهمتر از همه نوع ترکیبی که بدان شکل عنصر در ته دریا دیده می شود (که حلالیت آن را تعیین می کند)، قرار دارد. با این همه شکل ۱ نشان می دهد که بین دو مجموعه داده ها در آن، تاحدی همبستگی برقرار است. عناصری که حالتهاى اُکسایشی بالاتری دارند؛ به ویژه Al(III) و Fe(III)، Ti(IV) و Cr(III) برای تشکیل نیدروکسیدها / اکسیدهای نامحلول تمایل بیشتری داشته و لذا غلظت آنها در آب دریا نسبت به پوسته زمین کمتر است. در مقام مقایسه: Na(I)، K(I)، Mg(II)، Cl<sup>-</sup>، Br<sup>-</sup> و چند یون معدود دیگر که به ندرت ترکیبهای نامحلول را تشکیل می دهند، میل دارند که به طور



شکل ۲: مقایسه میزان فراوانی عنصری در بافتهای خشک کبد انسان (■: نقاط دایره شکل عناصر اساسی را می رسانند) و یونجه خشک (x: نقاط دایره ای عناصر اساسی را می رسانند) نسبت به پوسته زمین.

[Fe(II) > Mn(II) > Zn(II) > Ni(II) > Co(II)]

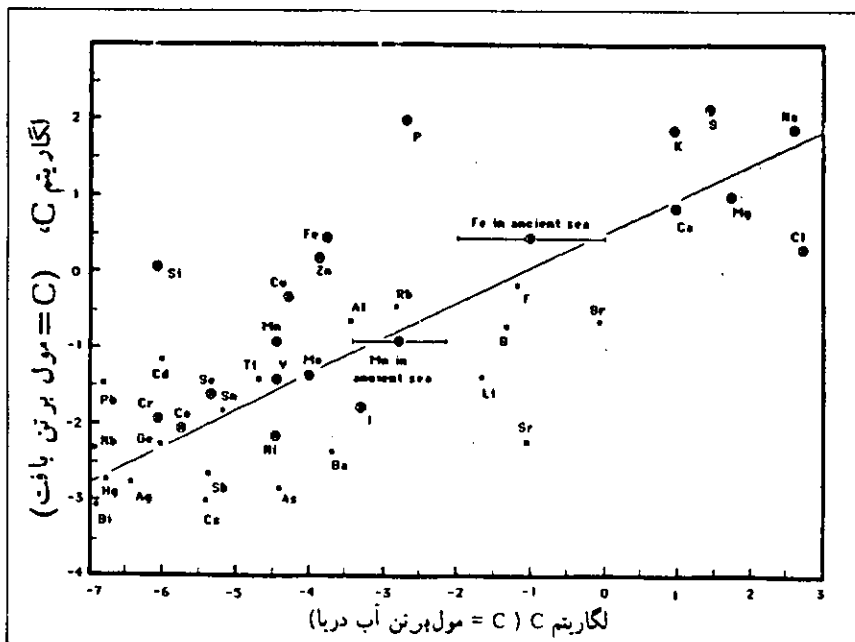
فقدان Cu(II) در ترتیب بالا شایان توجه بوده و نکته‌ای است که در مقاله پیشین از این مجموعه درباره آن بحث شده است (۴).

بنابراین اگر فرض شود که همه این یونهای واسطه دو ظرفیتی به طور مساوی و برای انجام یک وظیفه ویژه مناسب باشند، در آن صورت برای یک موجود زنده اولیه، آهن (Fe(II)) به عنوان بهترین انتخاب بوده و پس از آن Mn(II) و سپس Zn(II) است. مطمئناً از این دید Zn(II) نسبت به Ni(II) یا Co(II) انتخاب بهتری خواهد بود.

مناسبت شیمیایی (قاعده ۱: قاعده  
جور در آمدن)

پرسش بعدی روشن است: چرا موجودات زنده امروزی روی (II) را به لحاظ کارهایی که در بدن انجام می‌دهد در مقایسه با آهن (II) یا منگنز (II) ترجیح داده و آن را برمی‌گزینند؟ پاسخ را بایستی در ارتباط با خواص فیزیکی - شیمیایی آن عنصر باز یسافت. قاعده ۱ [قاعده بنیادی جور در آمدن، اولین مقاله از این مجموعه را ببینید (۳)] بیان می‌دارد که: عنصرهای شیمیایی معینی ذاتاً برای عملکردهای زیست‌شناسی معینی مناسب‌ترین‌اند. از همین روست که موجودات زنده می‌آیند عناصری را بپذیرند که به بهترین وجه وظیفه مورد درخواست را ایفاء می‌کنند. اینک این پرسش پیش می‌آید که چه چیزی باعث می‌شود که عنصری برای ایفاء نقش ویژه‌ای مناسب باشد؟ خواص عنصری چگونه است که تا این اندازه بسا عملکرد زیست‌شناسی بستگی تنگاتنگ دارد؟ پیداست که ادراک درستی از طبیعت عملکرد زیست‌شناسی برای پاسخ‌گویی به این پرسش ضروری است.

همان‌طور که در بالا گفته شد، نقش اساسی روی (II) در آنزیمهای رویی به آن جهت است



شکل ۳: مقایسه میزان فراوانی عنصری در بافت خشک کبد و در آب دریاهای امروزی

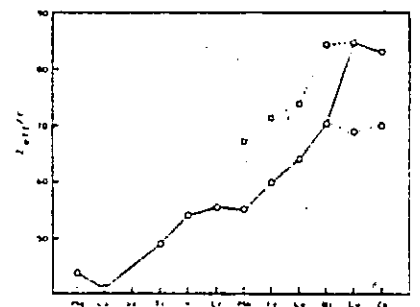
قدیمی را که از آب دریا ناشی شده در خود نگه داشته باشند. از طرف دیگر نمی‌توان یاخته‌های کبدی را به عنوان نماینده کلی یاخته‌ها در نظر داشت؛ زیرا می‌دانیم که کبد جایگاهی است که در آن بر روی عنصرهای معدنی به ویژه روی و مس عملیات گسترده‌ای انجام می‌شود. نکته جالب آنکه همبستگی مشاهده شده نسبتاً خوب است (ضریب همبستگی = ۰/۸)، به ویژه اگر میزان فراوانی آهن و منگنز را چنان تصحیح کنیم تا سطح آنها را در آب دریاهای قدیمی بازگو کند. (قسمت بالا را ملاحظه کنید).

استدلالاتها و آگاهیه‌های ارائه شده، از آن حکایت می‌کند که بی‌شک در دسترس بودن عنصرها از عوامل تعیین کننده مهمی است که بر اساس آن موجودات زنده این عنصرها را برای مصرف خود برمی‌گزینند. از این لحاظ روی چگونه عمل می‌کند؟ میزان فراوانی روی در موجودات زنده با میزان آن در محیط متناسب یا بالاتر است. اعتقاد بر این است که روی سومین عنصر فراوان از عنصرهای رایج دو ظرفیتی واسطه در آب دریای قدیمی بوده است:

نسبت به میزان فراوانی این عناصر در پوسته زمین، رسم شده است. در اینجا هم نمی‌توان انتظار داشت که یک همبستگی قوی در میان باشد، با این همه ضریب کلی همبستگی ۰/۷۰ است. این بدان معناست که میزان فراوانی روی در موجودات زنده قویاً تحت تأثیر رومی آن در محیط قرار می‌گیرد. در اینجا نیز مجدداً آلومینیم و تیتان در موجودات زنده نسبت به محیط کمتر پیدا می‌شوند، که عمدتاً به علت نامحلول بودن آنهاست (در دسترس نبودن).

بین میزان فراوانی عنصری در موجودات زنده و آب دریا همبستگی بهتری را می‌توان انتظار داشت. شکل ۳ این رابطه را در مورد بافت خشک کبد انسان نشان می‌دهد. در اینجا صرفاً به این دلیل کسب انتخاب شده که اطلاعات کاملی در این مورد موجود است و نه به این دلیل که کبد الزاماً همبستگی قویتری را نشان می‌دهد. به روشنی نمی‌توان درباره تماس مستقیم بین کبد و آب دریا استدلال کرد، با این همه یاخته‌های کبدی ممکن است قدری از بقایای ترکیب درصد عنصری یاخته‌های

که روی (II) مانند یک اسیدلویس عمل می کند، برای مثال، باعث قطبی شدن پیوندی که بایستی در واکنش شرکت جوید می شود. از همین رو یکی از خواص قاطع آن همین قدرت اسیدی (اسیدلویس) یا توانایی در قطبی کردن است. قدرت اسیدی به طور عمده به کمک عاملی به نام پتانسیل یونی  $Zeff/r$  تعیین می شود.  $Zeff$  بار مؤثری است که کاتیون بر روی سوپسترا وارد می کند و  $r$  شعاع مؤثر آنست. بار اسمی یک کاتیون دو ظرفیتی  $2+$  است، اما بار واقعی لیگاند (سوپسترا) پس از پیوند ممکن است به طور آشکار از  $2+$  متفاوت باشد. البته این وضع در موقعی پیش می آید که اربیتال لیگاند اساساً با اربیتال  $4s$  کاتیون فلزی یکی شود. (در مورد اولین سری از عنصرهای واسطه این فرض، فرضی بدون دلیل نیست). می توان مقدار  $Zeff$  را با مقدار تقریبی که به کمک فرمول کلمانسی / ریمانندی (Clementi - Raimondi) در مورد اربیتال  $4s$  به دست می آید، تقریباً یکی گرفت (۷). مقدار حاصل از این راه از  $2+$  خیلی بزرگتر است. به هر حال افزایش آن با عدد اتمی بسیار آشکارتر است تا نسبت به ثابت های دیگر. مقادیر  $Zeff/r$  که بدینسان برای کاتیونهای دو ظرفیتی تخمین زده می شوند، در شکل ۴ نشان داده شده است.



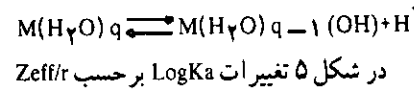
شکل ۴: مقادیر  $Zeff/r$

پیدا است که مقدار  $Zeff$  مربوط به منیزیم (II) در ارتباط با اربیتال  $3s$  است. نقاط دایره شکل حالت های هشت وجهی را نشان می دهند. [عدد کوئوردیناسیون ۶، میدان ضعیف (اسپین بالا) فرض می شود] و نقاط مربع شکل عدد

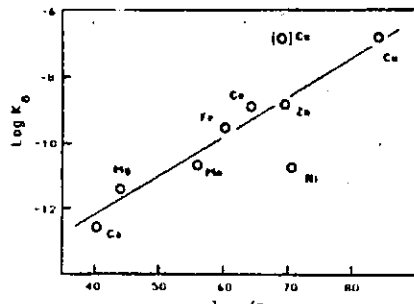
کوئوردیناسیون ۴ را معرفی می کنند.

خاصیت مشترک دیگر کاتیونها، برتری نسبی آنها در برابر ساختمان است. همان طور که در کتابهای شیمی معدنی زیادی بحث شده است [شیمی معدنی هوئی Huheey به عنوان مثال (۸)] برخی از کاتیونها ساختارهایی هشت وجهی را ترجیح می دهند که عدد کوئوردیناسیون در آنها ۶ می باشد. (CN = ۶) در حالی که بقیه کاتیونها معمولاً ساختارهای ۴ = CN را می پذیرند. مس (II) به دلیل اثر یان - تلمر ساختار مسطح مربعی با CN = ۴ را ترجیح می دهد. روی (II) ساختارهای چهاروجهی را ترجیح می دهد (CN = ۴) و در مورد بقیه کاتیونهای دو ظرفیتی که در شکل ۴ داده شده اند فرض می شود که بیشتر ساختار هندسی هشت وجهی را دارا شوند. با در نظر گرفتن این عامل ساختاری می توان مقادیر  $Zeff/r$  این کاتیونها را به صورت خط مستقیم شکل معرفی کرد.

اثر قطبی کنندگی یک عنصر از مقدار  $\log K_a$  تعادل زیر قابل پیش بینی است:



در شکل ۵ تغییرات  $\log K_a$  بر حسب  $Zeff/r$  ترسیم شده است.



شکل ۵: تغییرات  $\log K_a$  بر حسب  $Zeff/r$

در مورد مس نقطه مشخص شده با کروه، مس را در حالت CN = ۶ نشان می دهد. بدون آن به CN = ۴ این عنصر مربوط است. در مورد روی (II) از مقدار  $Zeff/r$  نظیر حالت CN = ۶ آن استفاده شده است؛ زیرا هر چند که امکان دارد روی (II) ساختار چهاروجهی نیز دارا

شود، اما فرض بر آن است که روی (II) در محیط آبی با ۶ مولکول آب پیوند حاصل می کند و ساختار هشت وجهی دارا می شود (۹). همبستگی این دو دسته از داده ها جز در مورد نیکل (II) بسیار مناسب است (ضریب همبستگی = ۰/۹۸). بنابراین مقادیری را که از خط مستقیم شکل ۴ برای  $Zeff/r$  نتیجه می شود ممکن است به عنوان معیار مناسبی برای بیان اثر قطبی کنندگی یک کاتیون منظور شود. روی (II) و مس (II) از این نظر در مقایسه با کاتیونهای دو ظرفیتی دیگر از مؤثرترین کاتیونها می باشند.

مزیت ساختاری همواره به دلیل نیازها و شرایط ساختار مورد درخواست مکانهای فعال، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از بررسیهای به عمل آمده معلوم شده است که ساختارهای مکانهای فعال در ارتباط با یون Zn(II) حقیقتاً در کلیه آنزیم های دربر دارنده آن یون، اساساً چهار وجهی می باشند (۱)؛ گرچه اغلب، واپیچهای قابل توجهی هم از خود نشان می دهند. به احتمال بسیار زیاد همین مطلب یکی از دلایل های روشنی است که چرا روی برای ایفای وظیفه ویژه مورد نظر برگزیده می شود. برای مثال اگر آهن (II) به جای روی (II) به کار رود، مستلزم آن است که مکانهای فعال، ساختار هشت وجهی دارا باشند. انعطاف پذیری روی (II) از نظر کوئوردیناسیون ساختاری شاید اهمیت بیشتری داشته باشد (۱۰)، زیرا روی (II) آرایش الکترونی  $d^7$  دارد و اثر قطبی کنندگی آن در هر سویی از فضا همسان است که همین امر باعث انعطاف پذیری عدد کوئوردیناسیون آن می شود. از همین رو مقدمات و شرایط اولیه لازم برای پیوند یافتن سوپسترا (S) به روی (II) در مقایسه با کاتیونهای دیگر با دشواری کمتری همراه است و پیوند آسان تر تشکیل می شود. برعکس، برای پیوند یافتن لیگاندها به مس (II)، نیکل (II) و آهن (II)، شرایط سر به راست تر و

این مقاله به کتاب  
شیمی سال چهارم  
علوم تجربی -  
ریاضی و فیزیک  
مربوط است.

# ماست از دیدگاه علمی و صنعتی

ترجمه: دکتر محمد روف درویش  
استاد دانشگاه تهران

مقدمه

ماست به طور مرسوم از یک نقش تغذیه‌ای  
مثبت برای سلامتی بهره‌مند بوده است. در سال  
۱۹۰۶ جایزه نوبل به خاطر تحقیقات درباره  
ماست به مچنیکوف (Metchnikoff) اختصاص

نتیجه‌گیری:

در مقالات قبلی از این مجموعه کوشش شد که  
اصول پایه‌ای معین و کاربردهای از شیمی غیرآلی -  
زیستی در ارتباط با واکنشهای اکسایش کاهش  
توضیح داده شود. در مقاله حاضر نیز از همان  
نگرشهای پایه‌ای برای درک این امر که چراری  
(II) تا این حد در واکنشهای آنزیمی نوع اسید - باز  
به نحو یگانه‌ای مناسب است، سود جستیم. از طرفی  
نشان داده شده است که دست کم قسمتی از پاسخ  
ممکن است به فراوانی و ویژگی‌های فیزیکی -  
شیمیایی پایه‌ای روی (II) مربوط باشد.

\* \* \*

مراجع:

- Literature Cited**
1. Vallee, B. L.; Galdes, A. *Adv. Enzymol.* 1982, 56, 283 - 430.
  2. Pirie, N. W. In *Metals and Micronutrients - Uptake and Utilization by Plants*; Robb, D. A.; Pierpoint, W. S., Eds; Academic: 1983; pp 327 - 330.
  3. Ochiai, E-I. *J. Chem. Educ.* 1978, 55, 631.
  4. Ochiai, E-I. *J. Chem. Educ.* 1986, 63, 942.
  5. Dunn, M. F. *Struct. Bonding* 1975, 23, 61.
  6. Zeppezauer, M. In *The Coordination Chemistry of Metalloenzymes*; Bertini, I; Drago, R. S.; Luchinat, C; Eds; Reidel: 1983; p 99.
  7. Clementi, E; Raimondi- D- L. *J. Chem. Phys.* 1963, 38, 2868.
  8. Huheey, J. E. *Inorganic Chemistry, Principles of Structure and Reactivity*, 3rd ed; Harper and Row: 1983.
  9. Burgess, J. *Metal Ions in Solutions*; Horwood: 1978.
  10. Dutler, H.; Ambar, A. In *The Coordination Chemistry of Metalloenzymes*; Bertini, L; Drago, R. S.; Luchinat, C., Eds.; Reidel: 1983; p 135.
  11. Ochiai, E-I. *Bioinorganic Chemistry: An Introduction*; Allyn and Bacon: 1977; Chapter 13.

جهت‌دارتری لازم است و محدودیت‌های  
بیشتری در ارتباط با آنها در بین است.

این امر راههای گوناگون ممکن برای پیوند  
یافتن لیگاندها (سوبستراها) به این فلزات را  
محدود می‌کند و از همین نظر ممکن است که  
شرایط برای انجام واکنشهای معینی مناسب  
نباشد. در واکنشهای دیگری ممکن است  
جهت‌گیری و تعداد لیگاندهایی که لازم است  
پیوند یابند طوری باشد که کاتیونهای دیگری  
غیر از روی (II)، برای آنها مناسب باشند. در  
حقیقت آنزیم‌های معینی از آهن (II)، نیکل (II)  
یا مس (II) به عنوان عناصر کاتالیستی اسید  
لویس استفاده می‌کنند. اما عده‌ای این‌گونه  
آنزیمها در مقایسه با آنهایی که با روی عمل  
می‌کنند، بسیار اندک است.

کبالت (II) از نظر توانایی‌اش در  
جای‌گزین شدن با روی در آنزیمها و بدون کم  
شدن فعالیت آنزیمی کاملاً شناخته شده است.  
دلیل این امر آن است که سیستم کبالت (II) با  
 $d^5$  به آسانی بر حسب موقعیت موجود می‌تواند  
ساختاری چهاروجهی یا هشت‌وجهی قابل-  
مقایسه با روی (II) دارا شود. (۱۱). کبالت  
(II) به هر حال به دلیل فراوانی کمترش  
مناسبتی از روی نیست. منگنز (II) عنصر  
دیگری است که می‌تواند ساختارهای  
چهاروجهی یا هشت‌وجهی دارا شود و آنهم  
مانند روی (II) و کبالت (II) در هر سوی فضا  
از نظر خواص یکسان است. از همین رو این  
مطلب که در برخی موارد می‌توان از منگنز (II)  
به جای روی (II) بدون کاهش فعالیت آنزیمی  
استفاده کرد، قابل درک است. البته قدرت  
اسیدی (اسید لویس)  $Mn(II)$  از  $Zn(II)$   
همانطور که از مقادیر  $Zeff/r$  آنها پیداست،  
کمتر می‌باشد.

از مجموع ملاحظات بیان شده در این بحث  
به این نتیجه می‌رسیم که روی واقعاً برای انجام  
بسیاری از عملکردها که در این بین برای آن  
موردنظر است، بهترین انتخاب می‌باشد.

داده شد. نامبرده نقش مصرف ماست را در طولانی کردن عمر ثابت کرد و بهمین مناسبت به این افتخار نائل آمد. اما باید دانست که تا این اواخر کارهای اندکی روی این واقعیت مشخص انجام شده است. توجه به تحقیقات درباره ماست بخصوص در فرانسه بسیار جدید است و آنهم اساساً از یک مسئله اقتصادی که در سطح جامعه اقتصادی اروپا مطرح بوده نشأت گرفته است. در واقع، برخی از کشورها مثل آلمان یا هلند با گرم کردن ماست پس از عمل تخمیر به نحوی که فلورهای میکروبی آن کشته شود از کل تشکیلات برای ایجاد سرما در خط تولید و توزیع و... خلاص شدند و با این عمل ماست از کارخانه به سفره مصرف کننده می‌رود. ارزش نازل محصولی که چنین گرما دیده باشد، صنعت مرسوم ماست را دچار زحمت می‌کند. لذا صاحبان صنایع فرانسه به دو موضوع توجه پیدا کردند: تشویق دانشمندان و پژوهشگران به تشخیص اختلاف بین کیفیت غذایی ماست معمولی و مشابه حرارت دیده آن و به دست آوردن فرآورده گرما دیده در سطح اروپایی تحت هر اسمی به جز اسم ماست «یا Yagurt» و تجارتي کردن آن ماست صنعتی توسط کاراسو (Issac Carasso در اسپانیا در سال ۱۹۱۷ گسترش پیدا کرد. ولی در فرانسه یک صنعت مهم ایجاد شد که کارگاهها و شرکت‌های تعاونی همه تولید کنندگان شیر را شامل شد. در سال ۱۹۶۰ مصرف ماست در فرانسه ۱/۶ کیلوگرم در سال برای هر نفر بود و در سال ۱۹۸۶ به ۱۲/۷ کیلوگرم رسید. بیست میلیون ظرف ماست روزانه تولید می‌شود. در سال ۱۹۸۶ شرکت BSN نزدیک لیون بزرگترین و مدرن‌ترین کارخانه شیر تازه دنیا را افتتاح کرد. تولید روزانه آن سه میلیون ظرف است و ۲۸۰ نفر در آن مشغول کار می‌باشند. در این نوع کارخانجات تمام خطوط تولید در محیط

بسته و محافظت شده قرار داد. در طول مدت فاز تولید، هوای فیلتر شده و عاری از باکتریهای بیماریزا در جریان است. شرکت‌های فرانسوی تولید ماست، در ۳۵ کشور تأسیسات درست کرده‌اند و ۲۵ درصد بازار ایالات متحده و ۷۲ درصد بازار برزیل و... را در اختیار دارند. اخیراً محققین فرانسوی به دنبال درخواست صنایع، تحقیقاتی را درباره خصوصیات غذایی ماست شروع کرده‌اند. جنبه اقتصادی این تحقیقات غیر قابل اغماض است، زیرا کافی است ثابت شود که خصلت غذایی ماست تهیه شده از روش مرسوم در مقایسه با ماست حرارت دیده (فلورهای میکروبی آن کشته شده‌اند) از کیفیت بالایی برخوردار است. ماست حرارت دیده از طرف کشورهای مثل آلمان و هلند عرضه شده است.

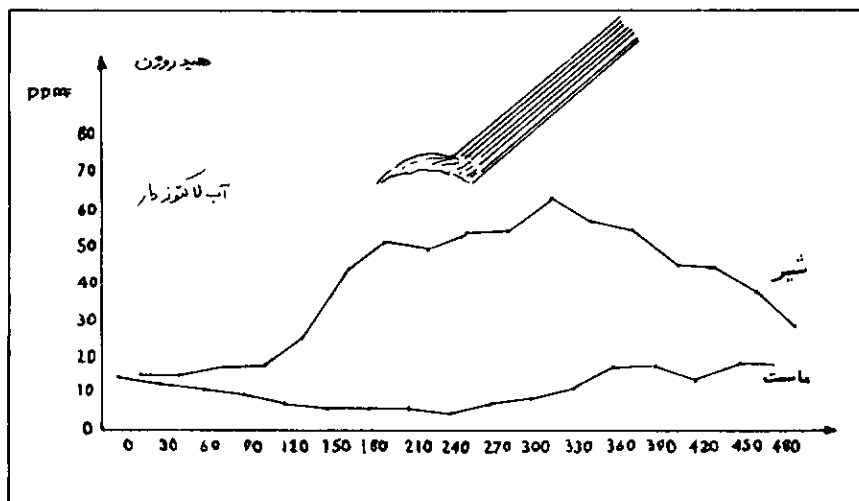
#### افکاری که مغلوب شد

ماست چیست؟ ماست محصولی است که

از تخمیر شیر توسط باکتری‌ها به دست می‌آید. دو باکتری به طور اساسی در این عمل دخالت دارند که عبارتند از:

1. Lactolabacillus bulgaricus
2. Spectrococcus thermophilus

این باکتری‌ها لاکتوز (قند شیر) را برای تشکیل اسیدلاکتیک مصرف می‌کنند. این باکتری‌ها با هم بوده و زندگی مشترک دارند و زمان دلمه شدن شیر را کاهش می‌دهند. یکی از این باکتری‌ها متابولیت‌هایی را تولید می‌کند که سبب افزایش رشد دیگری می‌گردد. هنگامی که اسیدینه محیط به میزان مشخص برسد، رشد میکروب کاهش یافته و سپس توسط سرما متوقف می‌شود. بسیاری از کشورها مثل فرانسه ماست را به عنوان «شیری که در اثر تخمیر لاکتیکی توسط اسیدی که در باکتری حاصل می‌شود، دلمه می‌گردد و در محصول نهایی، این میکروارگانیسم‌ها باید زنده بمانند و فراوان نیز باشند» تعریف می‌کنند. ماست در هر گرم حدود پانصد میلیون از این ژرم‌های زنده را دارا است.



شکل ۱ - برخی افراد شیر تحمل نمی‌کنند زیرا فاقد آنزیم لازم برای تخریب لاکتوز قند شیر هستند عجیب آن است که این افراد کاملاً ماست را که لاکتوز نیز دارد تحمل می‌کنند. منحنی فوق نتایج تجربه‌ای را نشان می‌دهد که در آن سه طور ناشتا به افرادی که نسبت به شیر حساس‌اند، مقدار هیجده گرم لاکتوز به صورت آب لاکتوزدار، شیر یا ماست

خورانده شد. در موردی که آب لاکتوزدار یا شیر مصرف شده، لاکتوز در روده تجزیه نشده و در قولون یافت می‌شود که در آنجا تخمیر آن سبب دردهای شدید همراه با آزاد شدن نیدروژن می‌باشد. بخشی از گاز از طریق شش‌ها دفع می‌شود، اندازه‌گیری مقدار آن در هوای بازدم تست بسیار مناسبی جهت ارزیابی عدم تحمل فرد نسبت به شیر می‌باشد. مشاهده می‌شود که در مورد ماست در بازدم افزایش نیدروژن وجود ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که جذب لاکتوز توسط روده تحت تأثیر احتمالی فلور متعلق به ماست انجام می‌گیرد. باید دانست و کاملاً تصدیق کرد که تحقیقات بر روی کیفیت غذائی ماست، نسبت به امکاناتی که در اختیار است، تا اندازه‌ای دست و پاگیر نیز هستند. از زمان مچینیکوف تا کنون همواره بیان احساس بر عرضه واقعیت‌های جدید و مدون غلبه داشته است. از طرف دیگر در آن زمان با افکار غلطی زندگی می‌کردند، بدین معنی که در لوله آزمایش نشان داده شده بود که فلورهای ماست در اثر تماس با ترشحات معدی و نیز با ترشحات صفراوی از بین می‌رود. ولی در اواخر سال ۱۹۷۰ چندین گروه محقق در ایالات متحده آمریکا و ایتالیا نشان دادند که بخشی از فلور ماست در قولون انسان و حیوان به طور زنده یافت می‌شود. واقعیت‌هایی که در لوله آزمایش (in vitro) نشان داده می‌شود در موجود زنده یعنی در حالت in vivo تأیید نمی‌شود. از طرف دیگر نشان دادند که فلور ماست، جزء فلور بومی روده انسان نیست و در آنجا زیست نمی‌کند و هنگامی در آنجا پیدا می‌شود که حتماً ماست مصرف کرده باشیم. معذالک، بعد از این می‌توان اثر احتمالی گذشتن این فلور «خارجی» را به روده مورد سؤال قرار داد. از طرف دیگر، طبق یک رسم، در سرویس متخصصین اطفال به بچه‌هایی که تحمل شیر

مخصوصاً لاکتوز را ندارند، ماست تجویز می‌گردد. ولی در فرانسه شیری که برای تولید ماست مصرف می‌شود توسط بودر شیر خشک که حاوی لاکتوز است غنی شده است، به طوری که محصول نهایی به همان مقدار شیر دارای لاکتوز است. آیا لاکتوز موجود در ماست بهتر از لاکتوز موجود در شیر تحمل می‌گردد؟ این سؤال همراه با سؤال قبلی محورهای تحقیقاتی جدید را مشخص کرد که البته نقش‌های ایمنی ماست را نیز باید اضافه کرد. در این باره بعداً صحبت خواهد شد.

چرا برخی افراد قابلیت تحمل شیر را ندارند اما ماست را بخوبی متحمل می‌شوند؟

ابتدا از عدم تحمل لاکتوز که مربوط به کمبود ارثی یا اکتسابی لاکتاز (آنزیم روده‌ای) است، شروع می‌کنیم. طیف آن نسبت به سکنه و سن افراد تغییر می‌کند. به عنوان مثال، آمار نشان می‌دهد که ۳ درصد افراد در سوئد، ۲۰ درصد در شمال و ۴۰ درصد در جنوب فرانسه و صد درصد در افریقای مرکزی فاقد آنزیم نامبرده هستند. پدیده عدم تحمل چگونه خود را نشان می‌دهد؟ وقتی مخاط روده فاقد لاکتاز باشد پس لاکتوز تجزیه نشده و در قولون پیدا می‌شود و در اینجا توسط فلور محلی تخمیر می‌گردد که سبب ایجاد دردهای بطنی شده و گاز نیدروژن نیز تشکیل می‌گردد. بخشی از این گازها جذب شده و از طریق شش‌ها دفع می‌گردد. آزمایشی که توسط J.H. Bond و M. D. Levitt در سال ۱۹۷۲ ابداع شد اجازه می‌دهد که افزایش غلظت نیدروژن در بازدم افراد اندازه‌گیری شود و لذا بطور غیرمستقیم می‌توان عدم تحمل فردی را نسبت به لاکتوز تخمین زد.

همزمان در فرانسه و در ایالات متحده آمریکا، این تست برای پی بردن به اینکه ماست

یک اثر واقعی در آزادسازی نیدروژن دارد یا نه، به کار برده شد. مثلاً در تجربه O.Devit از واحد ۲۹۰ تشکیلات Inserm، مقادیر مساوی لاکتوز، در آب و به صورت شیر یا ماست به افرادی که نارسایی گوارشی دارند خورانده شد، نتایج به وضوح نشان دادند که وقتی ماست مصرف شده است مقدار نیدروژن در بازدم افزایش چندانی نداشته است در حالیکه در مواردی که محلول لاکتوز و یا شیر مورد استفاده قرار می‌گیرد افزایش قابل ملاحظه‌ای در غلظت نیدروژن بازدم فرد یا افراد دیده می‌شود. از طرف دیگر نشانه‌های عدم تحمل فرد با افراد با مصرف ماست کم کم از بین می‌رود. در عوض وقتی ماست حرارت ببینند و بعد مصرف گردد، غلظت نیدروژن در بازدم بالا می‌رود. هم چنین وقتی ماست را خیلی سریع در دمای پایین منجمد کنند، یعنی همانطوریکه در ایالات متحده آمریکا در تهیه بستنی عمل می‌شود، وضعیت مشابه مشاهده می‌گردد.

امروزه فرضیات زیادی برای توضیح این پدیده‌ها تجربه شده است. بنظر می‌رسد که لاکتاز موجود در ماست معمولی نقش مهمی دارا می‌باشد. در واقع اگر به ماست گرم‌دیده (فلور و آنزیم‌های آن از بین رفته است) لاکتاز افزوده شود، نیدروژن به مقدار قابل ملاحظه خارج نمی‌شود. بعد از وارد شدن ماست در معده، یک فعالیت لاکتازی در ابتدای روده افرادی که کمبود دارند، دیده شده است در حالیکه این فعالیت در حالت ناشتا و یا پس از وارد شدن شیر در معده وجود ندارد. با این حال مقدار لاکتاز در ماست برای نیدرولیز تمام لاکتوزی که در ماست وجود دارد، کافی نیست. آیا تحت اثر نمک‌های صفراوی باکتری‌ها، لاکتاز آزاد می‌کنند؟ آیا ممکن است فعال شدن لاکتاز توسط باکتریها در افرادی که دارای کمبود هستند انجام پذیرد؟ دقیقاً در اینجا است که مسأله اساسی تغذیه‌ای وجود دارد

که امروزه حل نشده است. در هر حال روش عملی پزشکان در مورد افرادی که تحمل لاکتوز ندارند و برای آنها به جای شیر، ماست تجویز می‌گردد، قابل توجه می‌باشد.

### فلور ماست علیه فلور روده‌ای

حال به مسأله احتمال برخورد فلور ماست با فلور روده برمی‌گردیم. در اینجا می‌توان گفت وقتی مأموریت علمی شروع شد، آکولوژیست‌های فلور روده تصور نمی‌کردند که این امکان وجود داشته باشد که فلور ماست بتواند فلور قولون را که بر حسب گرم پانصد بار از خودش بیشتر است تحت تأثیر قرار دهد. بر اساس پژوهش‌های اخیر به نظر نمی‌رسد که حق با آنها باشد. تحقیقات در این باره همچنان اندک است. معدالک مطالعاتی که توسط محققین امریکایی نظیر B.R. GOLDIN و L.S. GARBACH در مرکز پزشکی نیوانگلند در بوستون (امریکا) بر روی حیوانات و بعد روی انسان انجام شد، ارزش این را دارد که توجه مخصوصی به آن شود، به خصوص که این تحقیقات بر روی لاکتوباسیلی دیگر به نام *L. Acidophilus* انجام گرفته است. این محققان نشان دادند که ورود این باکتری به روده موش از مقدار سه آنزیم به نامهای B - گلوکورویداز، آزوردوکتاز و نیترو دوکتاز که توسط فلور روده تشکیل می‌شود، می‌کاهد. این سه آنزیم بسیار مهم هستند زیرا با هم در تشکیل مواد سرطانزا شرکت دارند. مقدار بیش از حد این سه آنزیم سبب شکل‌گیری سرطان قولون در موش می‌شود. وجود چنین رابطه‌ای در مورد انسان هنوز مشخص نشده است. با وجود این، محققان کار خود را در مورد انسان نیز ادامه داده و در طول مدت ۱۴۰ روز در بیست و یک مورد فعالیت این آنزیم‌ها را وقتی محصول متفاوت شیر خورانه شده

بود، اندازه‌گیری کردند. کاهش فعالیت آنزیمی بمیزان دو الی چهار بار بهنگام استفاده از لاکتوباسیل‌ها مشاهده گردید. چگونگی مکانیزم مهارکنندگی این فعالیت آنزیمی هنوز ناشناخته است و در مورد فلور معمولی ماست نیز ثابت نشده است. ولی این نتایج مشخص می‌کند که اگر فلور لاکتیک در ترکیب فلور روده‌ای اثر نمی‌گذارد، اما می‌تواند متابولیسم آنرا تغییر دهد. و همین موضوع دورنمای تحقیقات هیجان‌انگیز و پرشوری را نشان می‌دهد. «خوردن ماست همزمان با درمان توسط آنتی بیوتیک که اکثراً توصیه می‌شود خود تأیید بر این است که فلور لاکتیک مانع از گسترش و نشو و نماي فلور بیماری‌زا است». در این رهگذر به کار تحقیقاتی که اخیراً انجام گرفته خود را نزدیک کنیم، بر اساس این تحقیقات مشخص شده که رژیم غذایی می‌تواند در مقدار توکسین در روده - که توسط ژرم‌های بیماری‌زا تولید می‌گردد، مداخله کند.

### اثر مثبت برای مصونیت

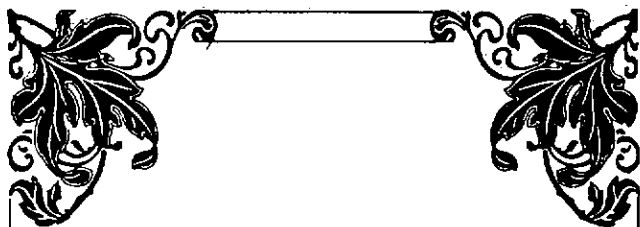
اینطور مقدر بود که بدنبال درخواست صنایع فرارانه یکی از سه کار مورد تقاضا درباره نقش مصونیت باشد. مسأله این بود که آیا حضور باکتری در تغییر و حتی در تحریک اعمال مصونیت مؤثر است یا نه؟ نتایج بدست آمده از نخستین تجربیات در لابراتوار INSERM U1 در بیمارستان Bichat بسیار جالب و دلگرم کننده بود. در حقیقت موش‌هایی که در رژیم غذایی آنها به طور مرتب ماست وجود داشت در مقام مقایسه با میزان بقیه موش‌ها، مقدار زیادی از آنتی‌کوره‌هایشان افزایش پیدا کرد.

تجرباتی که در همین آزمایشگاه از سر گرفته شد و نتایج مورد تأیید قرار نگرفت به احتمال

نزدیک به یقین، به دلیل نارسایی تجربی بوده است. برای اطمینان و درآمدن از دودلی، کار تحقیقاتی بر روی حیوانات بدون ژرم (حیواناتی که به محض تولد در مکان‌های مخصوص نگهداری و محافظت می‌شوند تا آلودگی پیدا نکنند)، انجام گرفت. وقتی این بار ماست به طور مرتب به موش خورانیده شد، فلور روده‌ای آنها فقط باکتری که توسط ماست به روده آنها آورده شده بود در برداشت. تجربیات نشان داد که برخی از اعضا درگیر واکنش‌های مصنوعی، تحریک شده‌اند که عبارتند از طحال، گانگلیون‌های مزانتریکی (گره‌های موجود در روده بند) و این فعال شدن در عضو دیگر مشاهده نگردیده است.

یک واقعیت دیگر نیز با همکاری گروه دیگر از محققین در فرانسه بررسی شد. این محققان مشاهده کردند که لاکتوباسیل‌های ماست در گانگلیون‌های مزانتریکی به صورت زنده پیدا می‌شود پس انتقال *L. Bulgaricus* روده‌ای به طرف گانگلیون‌های مزانتریکی وجود دارد. دلیل این پدیده مشخص نیست. می‌توان تصور کرد که سلول‌های مخصوص مصونیت (لنفوسیتها) که در این عقده‌ها وجود دارد تحریک می‌شود و سبب تشکیل ماده ضد ویروس بنام انترفرون (*Interferon*) می‌شود. به موازات این تجربیات، محققین ایتالیایی نیز با آزمایش‌هایی که درباره لنفوسیت انسانی که قبلاً تحریک شده بود انجام دادند، افزایش انترفرون را در حضور فلور ماست مشاهده کردند. به طور مسلم در بررسی‌های ذکر شده اثبات این امر که وارد شدن ماست به داخل معده انسان بر روی فعالیت لنفوسیت و ترشح انترفرون مؤثر است، باقی مانده است. اما می‌توان قبول کرد که این تحقیقات ارزش دنبال کردن دارد تا نقش ماست در دفاع مصونیت بدن هر چه بیشتر و عمیق‌تر بررسی شود.





### بقیه از صفحه ۳

در همین زمینه پرسشنامه‌ای برای نظرخواهی در مورد کیفیت مجله رشد آموزش شیمی، کتابهای درسی شیمی، کتابهای معلم شیمی سال چهارم و سوم، نحوه سخنرانیها در تهران و شهرستانها و کلاسهای کارآموزی و کارآیی محتوای آنها تهیه شده است که در صفحه ۷۳ این مجله آمده است.

در نظر است در محتوای کتابهای شیمی دبیرستان، هنرستان آموزش فنی و هنرستان آموزش حرفه‌ای تغییر اساسی داده شود. از این رو تقاضا داریم گروه شیمی را یاری دهید، پیشنهادات خود را به دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی بفرستید، در صورت امکان، نام سرفصلهای هر کتاب را به تفکیک مشخص کنید و تا اندازه‌ای به شرح جزییات آنها بپردازید.

در پایان، از همکاران و دوستان محترم شیمی که ما را با پیشنهادات و رهنمونهای خود، مورد لطف قرار داده‌اند، سپاسگزاریم. از دست‌اندرکاران تهیه، چاپ و بخش این مجله تشکر فراوان داریم. تسندرستی و پیروزی خوانندگان و همکاران ارجمند را در کارهای نیک از خدای مهربان خواهیم خواستیم.

سر دبیر

این مقاله به وضوح نشان می‌دهد که تحقیق درباره یک غذا می‌تواند گره از مسائل اساسی که نفع مسلم در بردارد، بگشاید. در ابتدا چنین تحقیقی از طرف هیچ ارگانی حتی مرکز ملی تحقیقات علمی (CNRS) یا INSERM در فرانسه تحت حمایت قرار نگرفت. وضعیت کنونی به چه صورت است؟ آیا پرونده موضوع به مقدار کافی غنی به نظر می‌رسد؟ به این مناسبت می‌توان از خود پرسید چه تحقیقاتی درباره غذاهای مرسوم (نان، پنیر و غیره...) و یا غذاهای جدید انجام پذیرفته است. اما امروز چنین چیزی وجود ندارد در حالیکه همگان اذعان دارند که باید محصولات غذایی بر حسب کیفیت و فایده‌ای که برای سلامتی مصرف کننده دارد، کاملاً مشخص و تعریف شوند.

در رابطه با ماست، چندین واقعیت قابل یادآوری است. دورنما قابل ملاحظه است. انتخاب سوش‌های فلور معمولی ماست با خواص مخصوص و انتخاب سوش دیگر که به آنها افزوده و یا جانشین آنها می‌شود تا غذاهای جدید با کیفیت‌های دیگر تهیه کرد. اخیراً راه توسط کارخانجات صنعتی گشوده شد. بدین ترتیب که به ماست «Bifidobacterium» اضافه می‌شود که تشکیل دهنده فلور اصلی غذای نوزادی که از پستان مادر تغذیه می‌کند، می‌باشد. این ماده احتمالاً می‌تواند یک محصول جدید باشد که مشخصات غذایی آن هنوز مشخص نشده است.

ترجمه از:

# بررسی متابولیسم به عنوان مجموعه‌ای از واکنشهای شیمیایی (گلیکولیز Glycolyse)

این مقاله به کتابهای رشته بهداشت  
مربوط است.

دکتر مسعود روحی لاریجانی

کار می‌رود زیرا هم فرآیند کاتابولیسم و هم آنابولیسم طی مراحل کوچک و مشخص که از مراحل واسطه متعددی تا رسیدن به محصولات نهایی می‌گذرد انجام می‌گیرد.

چرا متابولیسم شامل توالی طولانی از واکنشهایی است که در آن به تدریج ساختمان ترکیب تغییر می‌یابد؟ پاسخ این پرسش را می‌توان چنین توضیح داد که: برای یک آنزیم سهل‌تر است که تغییرات کوچک ساختمانی یک سوبسترای چون گلوکز را کاتالیز کند زیرا این عمل به مراتب آسان‌تر از آن است که انتظار داشته باشیم آنزیم به گلوکز به پیوندد و هم‌زمان هرشش اتم کربن موجود را اکسید کند. به علاوه گسسته شدن فرآیند متابولیسم به مراحل متعدد عمل دریافت قسمتی از انرژی آزاد شده در کاتابولیسم را آسان می‌کند و به سلول امکان می‌دهد تا ترکیبهای واسطه متعددی را سنتز کند که دست مایه بیوستنز برای پلی‌ساکاریدها، پروتئینها، اسیدهای نوکلئیک لازم برای رشد سلول است و در همین راستا ایجاد مسیری است برای تبدیل چربیها یا پروتئینها به کربوهیدراتها و یا برعکس (برحسب شرایط لازم). و نهایتاً فراهم کننده تعدادی مراکز فعال است که در آن یک واکنش ممکن است تشدید و یا جلوگیری شود و از این طریق سلول به نحوی ظریف بر سرعت واکنشهای متابولیکی کنترل خود را اعمال می‌کند.

فرآیند غیر هوازی در مقابل هوازی - اگر تعداد واکنشهایی که به وسیله هر سلول انجام می‌گیرد و تعداد سلولهای متفاوت از مرز گیاهان ساده تا جانوران در نظر گرفته شود و تفاوت فاحش بین انواع گیاهان و جانوران، میزان آگاهیهای لازم برای تشریح متابولیسم در حقیقت بی‌پایان به نظر

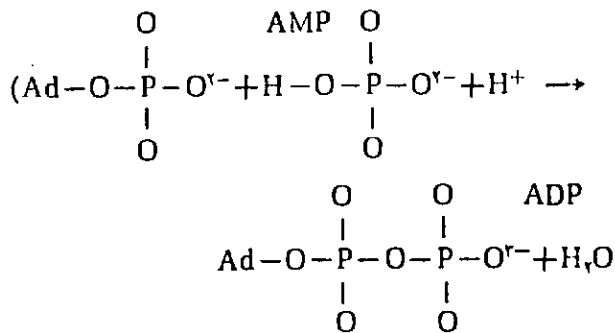
۱- واژه متابولیسم از ریشه یونانی (Metabola) به معنای قابل تغییر، به مجموعه‌ای از واکنشهای شیمیایی گفته می‌شود که در یک سیستم زیستی انجام می‌پذیرد و شامل فرآیندهایی است که در اثر آن سلول:

- از محیط پیرامون خود انرژی دریافت می‌کند.
- مواد غذایی را به واحد ساختاری لازم جهت سنتز ماکرومولکولهایی چون پلی‌ساکاریدها، پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک می‌رساند.
- سنتز ماکرومولکولهای لازم برای رشد و تکثیر سلول.
- تنزل ماکرومولکولها به منظور دریافت انرژی یا حفظ واحدهای ساختمانی لازم برای ساختار آینده‌اش.

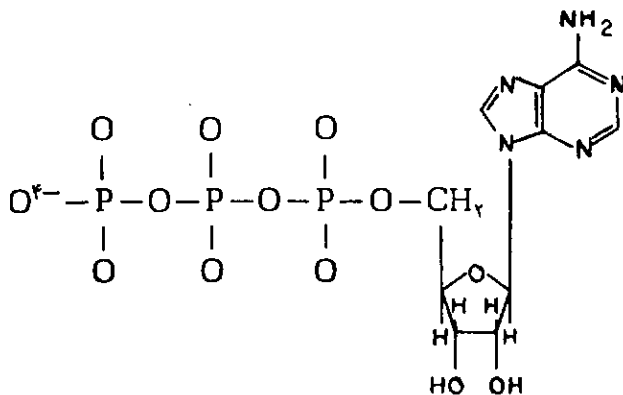
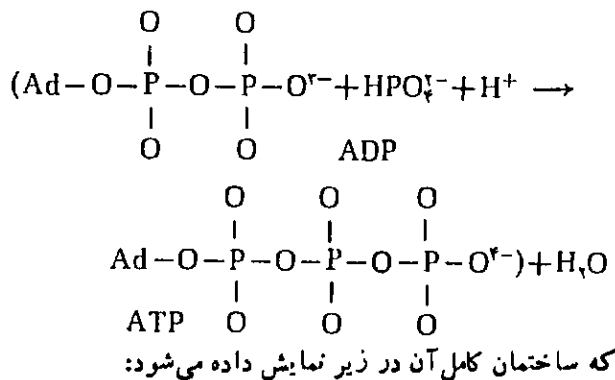
با توجه به شرح بالا به نظر می‌رسد بهتر آن است که این مجموعه فرآیندها را به دو گروه از توالی واکنشها یا مسیرها تحت عنوان کاتابولیسم یا ریشه یونانی (Katabole) به معنای فروپاشی و به فرآیندهایی گفته می‌شود که در آن ترکیبی به اجزاء کوچک‌تر یا ساده‌تر شکسته می‌شود مانند تشکیل یون لاکتات یا اتانول و  $(\text{NH}_3, \text{CO}_2)$  و غیره. این فرآیند همیشه با آزاد کردن انرژی همراه است و یکی از هدفهای متابولیسم هم جذب حداقل قسمتی از این انرژی از مولکولهای پراانرژی، نظیر ادنوزین تری فسفات (A.T.P) است و آنابولیسم یا ریشه (anabole) به معنای افزایش، معرف توالی واکنشهایی است که در آن به طور منسازاینده، مولکولهای پیچیده‌تر با استفاده از ATP سنتز می‌شود.

صفت حد واسط یا «واسطه‌گی» غالباً برای متابولیسم به

می‌رسد. خوشبختانه متابولیسم با دو عامل نسبتاً ساده مشخص می‌شود اول آنکه متابولیسم در داخل سلول يك گونه تغییرات کوچکی را نشان می‌دهد در ثانی فرآیند متابولیسمی را می‌توان از طریق يك استخوانبندی از واکنشها در مسیرهایی محدودی نظیر «گلیکولیز» سازمان دهی و در نتیجه با درك تعداد محدودی از این مسیرها می‌توان مجموعه بزرگی از آگاهیهها درباره كل فرآیند متابولیسم در اختیار داشت. علاوه بر این وقتی صحبت از متابولیسم است، مفید به نظر می‌رسد که بین ارگانسیم هوازی و غیر هوازی و فاکولتاتیو (Facultative) تمایزی قابل باشیم به این ترتیب که ارگانسیم غیر هوازی در غیاب اکسیژن تکثیر پیدا می‌کند لذا نمی‌توانند  $O_2$  را در متابولیسم خود مصرف کنند و غالباً در اثر آن مسموم می‌شوند و در مقابل ارگانسیم هوازی برای ادامه حیات به اکسیژن نیازمند است و ارگانسمی که قادر باشد هم در شرایط هوازی و هم غیر هوازی زنده بماند به آن فاکولتاتیو گویند.



در مرحله بعدی، فسفریلاسیون ADP منجر به تشکیل ATP می‌شود

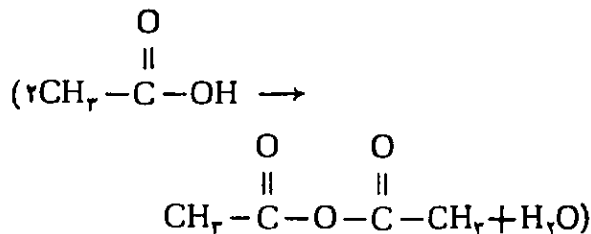


انرژیهای بیوشیمیایی - چنین به نظر می‌رسد که ادنوزین تری فسفات (ATP) منبع اولیه انرژی شیمیایی برای انواعی شماری از فرآیندهای بیولوژیکی باشد که نیروی محرکه فرآیندهای مختلفی از قبیل بیولومینسانس (Bioluminescence) انتقال یونها، و قرار دادن مولکولها در کنار هم در سلول غشایی، انقباض عضلانی، سنتز کر بوئیدراتها، چربیها، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک و تشکیل گازهای  $N_2$  و  $CO_2$  است. اگر چه، ATP را يك تری فسفات می‌نامیم ولی از نظر ساختمانی مشابه يك انیدرید اسید شبیه انیدرید استیک است.

کلید درك نقش ATP در متابولیسم را باید در این مطلب جستجو نمود که چرا ATP را يك مولکول فسفات پرانرژی می‌نامند؟ استرهای فسفات مثل گلوکز - ۶- فسفات و انیدریدی مانند ATP در مقابل ئیدرولیز ناپایدارند. پیش از آنکه بتوانیم انرژی آزاد ئیدرولیز آنها را مقایسه کنیم چنین به نظر می‌رسد که بسیار حائز اهمیت است بدانیم که تعریف محدود حالت استاندارد هنگامی که سیستم بیولوژیکی مورد نظر باشد ایجاد مسائل تازه‌ای می‌کند. حالت استاندارد برای يك

با توجه به اینکه گلیکولیز یکی از منابع اصلی تأمین انرژی برای ارگانسیم غیر هوازی است همچنین نخستین مرحله تنزل گسلوکز در ارگانسیم هوازی است در این مرحله گلوکز به پیرووات (Pyruvate)، لاکتات اتانول تنزل یافته قسمتی از انرژی آزاد شده برای سنتز ATP از ADP و فسفات جذب می‌شود.

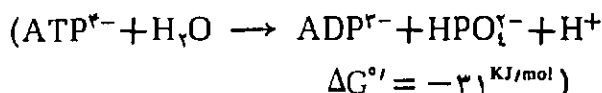
به این معنا که ATP يك انیدرید مختلفی است از تراکم ادنوزین مونوفسفات (AMP) با يك یون فسفات ( $\text{HPO}_4^-$ )



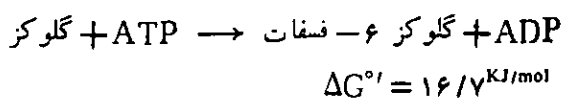
۲۷

واکنش که در برگیرنده یون  $H^+$  باشد حالتی است که غلظت یون  $H^+$  دقیقاً  $1/1000$  مول باشد و این کاملاً واضح است که برای واکنشهای بیولوژیکی این حالت امری غیر واقعی است زیرا واکنشهای بیولوژیکی اغلب در pH نزدیک به 7 اتفاق می افتد و در این صورت حالت استاندارد برای واکنشهای بیوشیمیایی در  $pH = 7$  تعریف می شود و این قرار داد را با به کار بردن  $(\Delta G^{\circ'})$  به جای  $(\Delta G^{\circ})$  نشان می دهند. تفاوت بین  $(\Delta G^{\circ})$  و  $(\Delta G^{\circ'})$  برای یک واکنش که یک یون تنهای  $H^+$  آزاد یا مصرف می کند برابر  $(4000 \text{ KJ/mol})$  است.

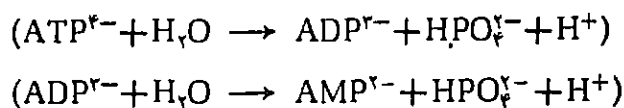
انرژی آزاد استاندارد تیدرولیز یک استر فسفات مشخص مثل گلوکز-6- فسفات یا فروکتوز-6- فسفات حدود  $(15 \text{ KJ/mol})$  است. انرژی آزاد تیدرولیز ATP به ADP (با ADP به AMP) دو برابر آن است



ATP و ADP غالباً به نام فسفات پرانرژی نامیده می شوند زیرا انرژی ذخیره شده در یک فسفات پر انرژی به اندازه ای است که می تواند عمل فسفریلاسیون در یک قند مثل گلوکز یا فروکتوز را انجام دهد:

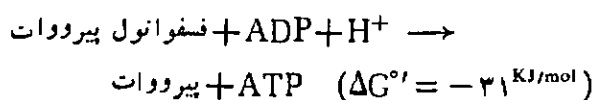


برای توجیه بزرگتر بودن غیر عادی انرژی آزاد تیدرولیز ATP یا ADP دلایلی موجود است از آن جمله اینکه در یک pH مخصوص فیزیولوژیک اسکلت اصلی پلی فسفات حامل تعدادی اتم اکسیژن با بار منفی است که به شدت یکدیگر را دفع می کنند. تیدرولیز ATP به ADP و یون فسفات یا ADP به AMO و فسفات، قسمتی از این دافعه را برطرف می کند علاوه بر این تیدرولیز سبب افزایش مجموع بار یونی می شود.



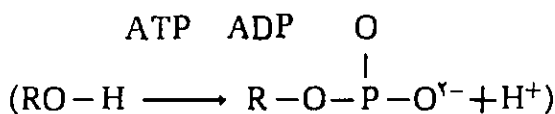
و به این ترتیب در حل مسأله انرژی آزاد محصولات شرکت می کند انرژی آزاد مربوط به واکنش بین یون  $H^+$  حاصل در طی تیدرولیز و محیط با فری اطراف همچنین به تکمیل این واکنش کمک می کند و بالاخره ساختمانهای روزنانس بیشتری

برای محصولات این واکنش نسبت به مواد اولیه می توان نوشت و به این ترتیب تیدرولیز سبب افزایش پایداری ناشی از روزنانس می شود. تنها راه برای موجودات غیر هوازی در سنتز ATP عبارت است از ساخت فسفات بسیار پرانرژی که در تیدرولیز از ATP یا ADP پایداری بسیار کمتری دارد به این ترتیب مراحل عمده ای از گلیکولیز برای ساختن فسفات بسیار پرانرژی واسطه مثل فسفوانول پیرووات 1، 3- دی فسفو گلیسرات که دارای انرژی کافی برای تبدیل ADP به ATP می باشد طراحی شده است.



نامگذاری آنزیمها - قبل از آنکه در باره مراحل جداگانه گلیکولیز بحث شود بهتر است نگاهی به نامگذاری آنزیمها شود، اکثر آنزیمها با توجه به واکنش پذیر سوبسترا و نوع واکنشی که به وسیله آن کاتالیز می شود نامیده می شوند مثلاً یک آنزیمی که الکل را با خارج ساختن تیدرولیز به الیتید تبدیل می کند به نام الکل دییدروژناز نامیده می شود.

گروه مهمی از آنزیمها که در مراحل واسطه در متابولیسم عمل می کنند تحت عنوان کینازها معرفی می شوند یا آنزیمهایی که اتصال فسفات از ATP به الکل برای تشکیل فسفات یا فسفو سونواستر را کاتالیز می کنند:

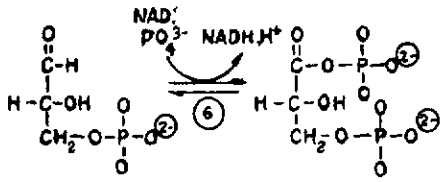


مثلاً فسفریلاسیون یکسای از گروههای OH- در گلوکز برای تشکیل گلوکز-6- فسفات به وسیله آنزیمهایی به نام هگزوکیناز و گلوکو کیناز انجام می گیرد موتازها (Mutases) گروه دیگری از آنزیمها است که انتقال داخلی فسفات بین یک سوبسترا را انجام می دهد. مثل فسفو گلیسر و موتاز که تبدیل

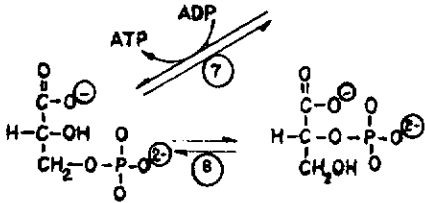
3- فسفو گلیسرات به 2- فسفو گلیسرات را به عهده دارد. یا یک ایزومر از تبدیل یک (ایزومر) به دیگری را کاتالیز می کند. آنزیمهای ایزومراز ممکن است واکنشی که در آن اکسید و احیاء انجام می گیرد را نیز کاتالیز کند مثل تبدیل یک الیتید (گلوکز-6- فسفات) به ستن (فروکتوز-6- فسفات) اما در درجه اکسیداسیون سوبسترا تغییر واضحی انجام نمی گیرد. برعکس آنزیم دییدروژناز واکنشی را کاتالیز می کند که در

قسمت دوم

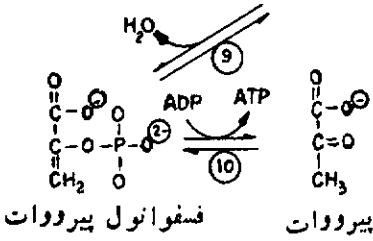
گلیکولیز مرحله دوم



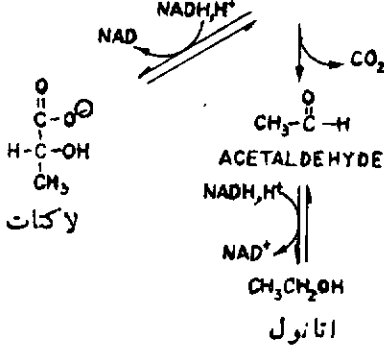
۱، ۳- دی فسفو گلیسرات گلیسرالدهید ۳- فسفات



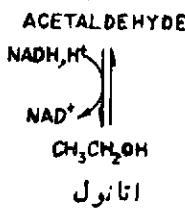
۲- فسفو گلیسرات ۳- فسفو گلیسرات



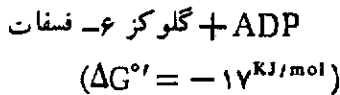
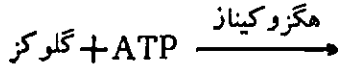
فسفوانول پیرووات پیرووات



لاکتات



مرحله اول: فسفر بلاسیون گلوکز - مرحله اول فسفر بلاسیون گلوکز کاتالیز شده به وسیله آنزیم برروی کسربن (C<sub>6</sub>) و تشکیل استرفسفات است.



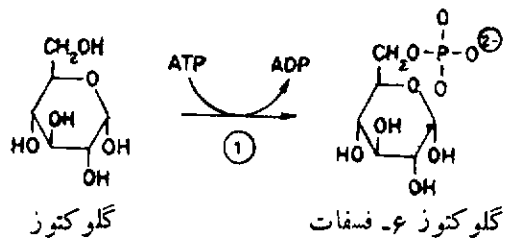
همانطور که مشاهده می شود در این مرحله یک مولکول ATP مصرف می شود، مزیت آن در این است که مولکول گلوکز را با گروه فسفات با بار زیاد نشان دار نموده که این امر به شناخت توالی عمای آنزیم و اتصال آن به سوبسترای (واکنش پذیر) مناسب کمک می کند.

درجه اکسیداسیون سوبسترا تغییر واضح حاصل می شود به این دلیل واکنش کاتالیز شده به وسیله دئیدروژناز غالباً دو طرفه است و معمولاً از دیدگاه واکنش اکسیداسیون نامگذاری می شود مثلاً احیاء استالدهید به اتانول که به وسیله آنزیم الکل دئیدروژناز کاتالیز می شود.

گلیکولیز - به معنای تفکیک گلوکز به مجموعه ای از دو تا یازده واکنش کاتالیز شده به وسیله آنزیم است که در شمای زیر تنزل یک مولکول گلوکز به دو مولکول پیرووات یا لاکتات یا اتانول؛ و سنتز دو مولکول ATP نشان داده شده است این شما را در دو قسمت که هر قسمت شامل مراحل مختلفی است می توان نشان داد:

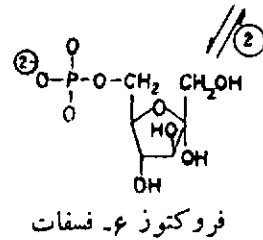
قسمت اول

گلیکولیز مرحله اول

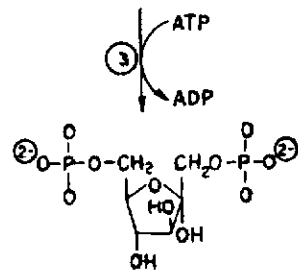


گلوکتوز

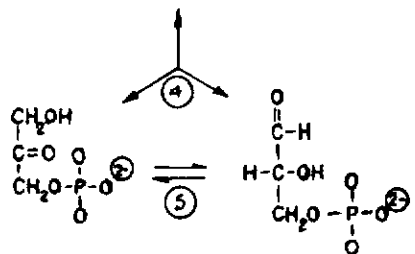
گلوکتوز ۶- فسفات



فروکتوز ۶- فسفات



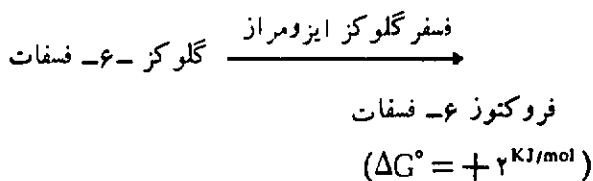
فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات



دی هیدروکی استن فسفات

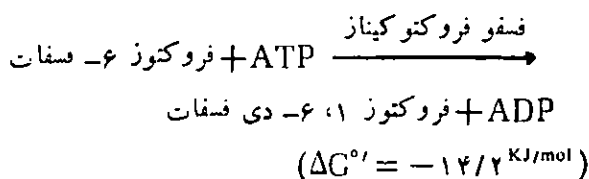
گلیسرالدهید ۳- فسفات

مرحله دوم: ایزومریزاسیون - در مرحله دوم گلوکز ۶- فسفات عامل الکترونی (الدوز) به عامل سنتی (ستوز) تبدیل می شود



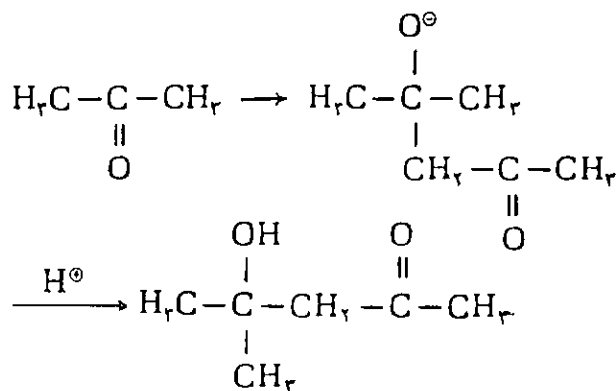
ثابت تعادل در این واکنش به طور جزئی مناسب برای مواد اولیه است ( $K_c = 0/4$ ) اما واکنش به آسانی از چپ به راست پیش می رود و این مسأله به علت مقدار نسبتاً زیاد گلوکز ۶- فسفاتی است که در سلول ساخته می شود.

مرحله سوم: فسفریلاسیون فروکتوز ۶- فسفات - مولکول دومی از ATP در این مرحله مصرف می شود تا صرف فسفریلاسیون فروکتور ۶- فسفات در روی  $C_1$  بشود و ایجاد فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات می کند.



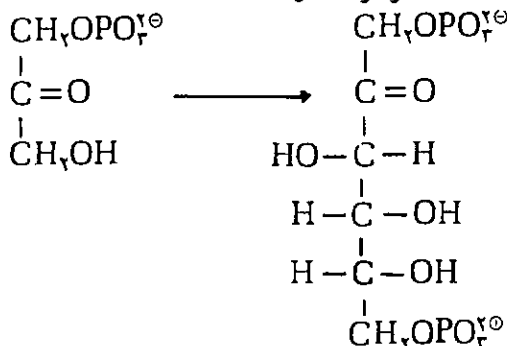
بار دیگر انرژی آزاد ذخیره شده در مولکول ATP صرف هدایت يك واکنش در جهتی می شود که بدون آن مسیر نامطلوبی تلقی می شود.

مرحله چهارم: گسسته شدن فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات - در حضور الکترونی یا سنتن هایی که دارای تییدروژن در موقعیت  $\alpha$  باشند. (تییدروژن  $\alpha$ ) در واکنش برگشت پذیری به نام تراکم الدولی شرکت می کنند.



فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات می تواند به عنوان يك محصولی از تراکم الدولی دی تییدروکسی استن فسفات و گلیسرالدهید

۳- فسفات در نظر گرفته شود

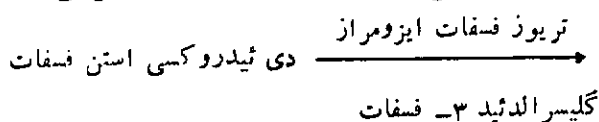


انزیمی که گسسته شدن فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات به مخلوطی از دی تییدروکسی استن فسفات و گلیسرالدهید ۳- فسفات را انجام می دهد معمولاً به نام «الدولاز» (Aldolase) خوانده می شود.

الدولاز  $\xrightarrow{\text{فروکتوز ۱، ۶- دی فسفات}}$  گلیسرالدهید ۳- فسفات + دی تییدروکسی استن فسفات

$(\Delta G^\circ = +23 \text{ KJ/mol})$  اگر چه رابطه تعادل در این واکنش به شدت به سود مواد اولیه است ( $K_c = 6/25 \times 10^{-5}$ ) معیناً واکنش به طرف راست هدایت می شود زیرا محصول این واکنش در مراحل بعدی مصرف می شود.

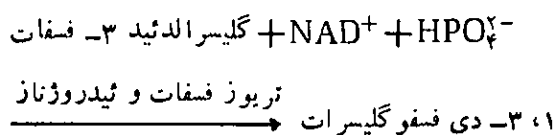
مرحله پنجم: تبدیل به تریوز فسفات - دی تییدروکسی استون - فسفات و گلیسرالدهید ۳- فسفات هر دو تریوز فسفات هستند (فند سه کربنی) در حالیکه DHAP نمی تواند در نیمه دوم مسیر گلیکولیتیک شرکت کند. ولی در اثر آنزیم ایزومراز به مولکول دومی از گلیسرالدهید ۳- فسفات تبدیل می شود.



اولین نتیجه بارز از پنج مرحله گلیکولیز که قسمت اول را تشکیل می دهد شکسته شدن مولکول گلوکز به دو مولکول گلیسرالدهید ۳- فسفات بدون تغییر بارز در فرمول تجربی  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  خواهد بود و در این صورت اکسیداسیون و احیاء صورت نگرفته است.

مرحله ششم - اکسیداسیون گلیسرالدهید ۳- فسفات - به این ترتیب هدف اولیه گلیکولیز تولید ATP بوده و در پنج مرحله اولیه دو مولکول ATP مصرف شده و مرحله ششم مرحله ای از واکنش را در برمی گیرد که دو مولکول ATP تولید می کند و در نتیجه به بیلان متعادلی می رسد. در این مرحله گلیسرالدهید اکسید سپس فسفر یله می شود تا يك

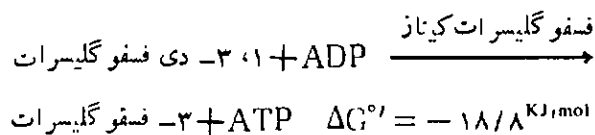
اسید فسفات از نوع ۱، ۳- دی فسفو گلیسرات یا ۳- فسفو فسفات گلیسر وئیل بنا بر واکنش زیر نماید:



$$\Delta G'^{\circ} = +6/3 \text{ kJ/mol} + \text{NADH} + \text{H}^{\oplus}$$

آنزیم خود قادر به اکسید یا احیا کردن سوسترا به طور مستقیم نمی باشد بلکه فقط واکنش اکسیداسیون یا احیاء را کاتالیز می کند. عامل اکسیدکننده در این واکنش کو آنزیمی به نام نیکوتین آمید آدنین دی نو کلئوتید ( $\text{NAD}^+$ ) است که به آنزیم تریوز فسفات دئیدروژناز متصل شده و یک یون تیدرید ( $\text{H}^-$ ) از آن جدا می کند و به شکل کو آنزیم احیاء شده  $\text{NADH}$  در می آید، اتم دوم تیدروژن در این واکنش اکسیداسیون به صورت یون  $\text{H}^{\oplus}$  وارد محلول می شود.

مرحله هفتم: سنتز  $\text{ATP}$  - ۱، ۳- دی فسفو گلیسرات یک فسفات فوق العاده پر انرژی است که یک فسفات را به  $\text{ADP}$  انتقال داده تولید  $\text{ATP}$  می کند.



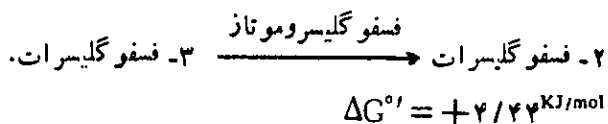
جای تعجب نخواهد بود که ۱، ۳- دی فسفو گلیسرات از انرژی آزاد تیدرولیز بالایی برخوردار باشد زیرا دافعه بین الکترونها در گروه امیل فسفات در  $\text{C}_1$  شباهت زیادی به دافعه بین الکترونها در اسکلت اصلی پلی فسفات  $\text{ATP}$  دارد که تشدیدکننده انرژی آزاد تیدرولیز در آن ترکیب است.

به علاوه یون ۱، ۳- دی فسفو گلیسرات حاوی دو گروه فسفات باردار در موقعیت بسیار نزدیک به هم می باشند اثر واضح مراحل ۶ و ۷ دریافت قسمتی از انرژی آزاد شده به صورت  $\text{ATP}$  بوده (وقتیکه الدئید اکسید می شود).

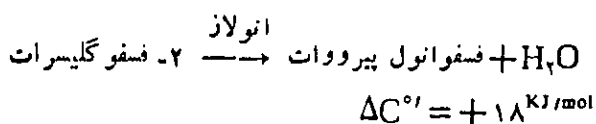
زیرا دو یون ۱، ۳- دی فسفو گلیسرات درازای مولکول گلوکز مصرف شده تشکیل می شود. در این مرحله تولید دو مولکول  $\text{ATP}$  می شود که  $\text{ATP}$  مصرف شده در مراحل ۱ و ۳ را جبران می کند.

مرحله هشتم: ایزومری شدن ۳- فسفو گلیسرات - با انتقال یک گروه فسفات از  $\text{C}_3$  به  $\text{C}_2$  این مرحله معرف مجموعه

اعمالی است که منجر به سنتز یک مولکول فسفات پر انرژی می شود.



مرحله نهم: دئیدراسیون (آبگیری) ۲- فسفو گلیسرات - از دئیدراسیون ۲- فسفو گلیسرات، فسفوانول پیرووات ( $\text{PEP}$ ) به دست می آید:

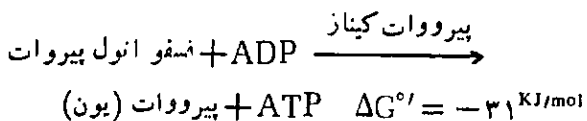


این یکی از زیبا ترین واکنشهای متابولیکی است. انرژی آزاد کل واکنش در حد قابل اغماض کوچک است و این واکنش یک فسفات کم انرژی  $\Delta G'^{\circ}_{\text{hyd}} = -18 \text{ kJ/mol}$  را به یک فسفات پر انرژی تبدیل می کند:

$$\Delta G'^{\circ}_{\text{hyd}} = -6/9 \text{ kJ/mol}$$

که قادر است  $\text{ADP}$  را به  $\text{ATP}$  تبدیل کند.

مرحله دهم: سنتز  $\text{ATP}$  - تعادل سن - انول عمدتاً به طرف سن متمایل است باز آرای فسفوانول پیرووات به ایزومر سنتی نتیجتاً قادر خواهد بود که انتقال گروه فسفات از  $\text{PEP}$  به  $\text{ADP}$  و یون پیرووات را عملی سازد:



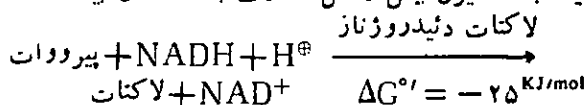
چون دو یون فسفوانول پیرووات از هر مولکول گلوکز تولید می شود که در مسیر گلیکولیک وارد می شود پس نتیجه نهایی این مرحله سنتز دو مولکول  $\text{ATP}$  خواهد بود.

یک مولکول  $\text{ATP}$  در هر یک از مراحل ۱، ۳- گلیکولیز مصرف شده و دو مولکول در هر یک از مراحل ۷ و ۱۰ تولید می شود به این ترتیب تعادل انرژی برای گلیکولیز عبارت خواهد بود از دو  $\text{ATP}$  برای هر مولکول گلوکز.

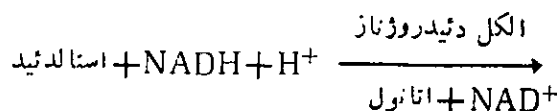
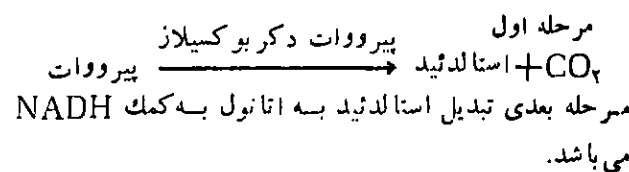
مرحله یازدهم: احیای پیرووات - برای تکمیل مراحل گلیکولیز یک مرحله دیگری هم لازم است به این ترتیب که اکسیداسیون گلیسرالدئید ۳- فسفات در مرحله ششم همراه با احیاء  $\text{NAD}^+$  به  $\text{NADH}$  انجام می گیرد  $\text{NAD}^+$  مثل

سایر آنزیمهای مشابه فقط در غلظت کم در سلول موجود است پس لازم است که NADH در مرحله‌ای جدید به  $NAD^+$  اکسید شود.

موجودات غیر هوازی می‌توانند این بازگشت NADH به  $NAD^+$  را با احیا اکسیژن و تبدیل آن به آب انجام دهند. موجودات غیر هوازی این برگردان را با احیاء پیرووات به یون لاکتات یا اتانول انجام می‌دهند. احیاء پیرووات به لاکتات توسط میکروارگانیسم غیر هوازی نظیر باکتری لاکتات که سبب ترش شدن شیر می‌شود صورت پذیر است. این عمل می‌تواند در نسوج عضلانی نیز هنگامی که نیاز به اکسیژن بیش از حل متعارف باشد اتفاق بیفتد



احیاء پیرووات به اتانول در تخمیر الکلی انجام می‌شود. مرحله اول این فرآیند شامل دکربوکسیلاسیون پیرووات است که توسط آنزیم کاتالیز می‌شود و نتیجه آن تشکیل استالدهید می‌باشد.



کارآیی گلیکولیز - اگر چه انرژی آزاد استاندارد از واکنش تجزیه گلوکز به یون لاکتات ( $-197 \text{ KJ/mol}$ ) فقط جزیی کوچکی از انرژی است که در اکسیداسیون گلوکز به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  آزاد می‌شود ( $-2870 \text{ KJ/mol}$ ) اما با وجود این زیبایی گلیکولیز در این است که این انرژی در غیاب هر نوع اکسیداسیون و یا احیاء با رزی آزاد می‌شود. چون در حالی که یون لاکتات ( $-\text{CO}_2^-$ ) از یک سو نسبت به گلوکز اکسید می‌شود از سوی دیگر ( $-\text{CH}_2$ ) احیا می‌شود.

شاید توجه بهتری از کارآیی گلیکولیز با محاسبه بخشی از انرژی که در جریان عمل گلیکولیز آزاد و به صورت ATP جذب می‌شود به دست آید، بسیاری از زیست شیمی‌دانها این محاسبه را با تقسیم انرژی آزاد استاندارد دییدروژناز ATP سنتز شده در این مسیر ( $31 - 2 \text{ KJ/mol}$  ATP) بر کل انرژی واکنش ( $-197 \text{ KJ/mol}$ ) انجام می‌دهند که یک کارآیی

حدود ۳۵٪ به دست می‌آید.

این محاسبه در عین حال یک عمل اشتباه آمیز است زیرا غلظت فیزیولوژیک گلوکز، لاکتات، ATP، ADP و غیره از حالت استاندارد بسیار به دور است اگر ما انرژی آزاد واکنش تنزل گلوکز را با توجه به غلظت گلوکز ( $5 \text{ mM}$ ) و لاکتات با غلظت ( $2/9 \text{ mM}$ ) در یک سلول مشخص مثل گلبول قرمز خون تصحیح کنیم  $\Delta G'^{\circ}$  را برای واکنش مذکور حدود  $-210 \text{ KJ/mol}$  خواهیم داشت و اگر تصحیح مشابهی برای انرژی آزاد دییدروژناز ATP در گلبول قرمز با غلظت ( $1/85 \text{ mM}$ ) و ADP با غلظت ( $5/138 \text{ mM}$ ) و فسفات ( $1 \text{ mM}$ ) انجام دهیم مقدار  $\Delta G'^{\circ}$  در حدود ( $-55 \text{ KJ/mol}$ ) به دست می‌آید و این مطابق است با بیش از ۵۰٪ انرژی که در طول فرآیند گلیکولیز خارج می‌شود و به صورت ATP در غلظت فیزیولوژیک جذب شده است.

کربوئیدراتهای دیگری به عنوان منبع واسطه گلیکولیز - کربوئیدراتهای دیگری غیر از گلوکز می‌توانند در مسیر گلیکولیک وارد شوند مثلاً فروکتوز می‌تواند فسفریله شده و به فروکتوز، ۱- فسفات تبدیل شود. در این عمل ابتدا توسط کیناز و سپس توسط آلدولاز به دی‌یدروکسی استن فسفات و گلیسرالدهید گسته می‌شود آنگاه DHAP می‌تواند به گلیسرالدهید ۳- فسفات تبدیل شود که این عمل به کمک آنزیم تریوز فسفات ایزومراز صورت می‌گیرد، در حالی که گلیسرالدهید می‌تواند در اثر کیناز به گلیسرالدهید ۳- فسفات فسفریله شود. مرحله اول در تنزل گالاکتوز شامل فسفریلاسیون توسط کیناز است که منجر به تشکیل گالاکتوز ۱- فسفات می‌شود و سپس در اثر آنزیم موتاز به گلوکز ۶- فسفات تبدیل می‌شود.

در مواقع وفور زیادی کربوئیدرات در گیاهان و جانوران به گلوکز تبدیل شده که آنهم به صورت نشاسته یا گلیکوژن ذخیره می‌شود. هنگامیکه به منبع انرژی نیاز باشد، این پلی‌ساکاریدها وارد فرآیند گلیکولیز می‌شوند، در این فرآیند دو آنزیم به نام گلیکوژن (یا نشاسته) فسفریلاز شرکت دارند و سبب شکستن پلی‌ساکارید به مولکول فسفر گلوکز شده که به صورت گلوکز ۱- فسفات در می‌آید و فسفر گلوکز موتاز این شکل واسطه را به گلوکز ۶- فسفات تبدیل می‌کند.

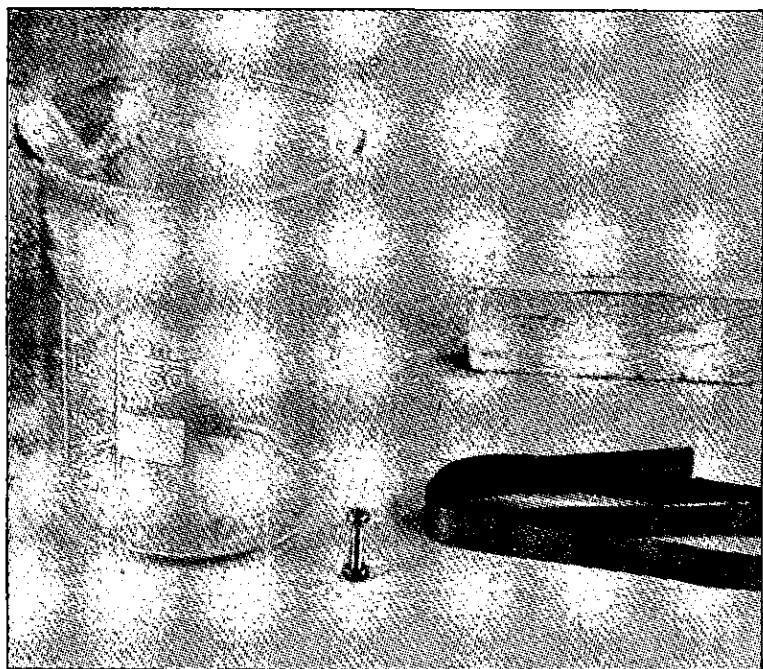


# دستور ساخت

## سلسله وسایل

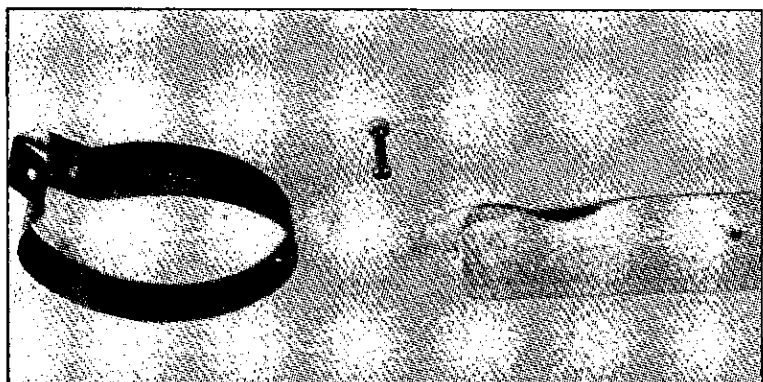
### آزمایشگاه شیمی

از: م. ی. نوروزیان



1-1

بشر دسته‌دار



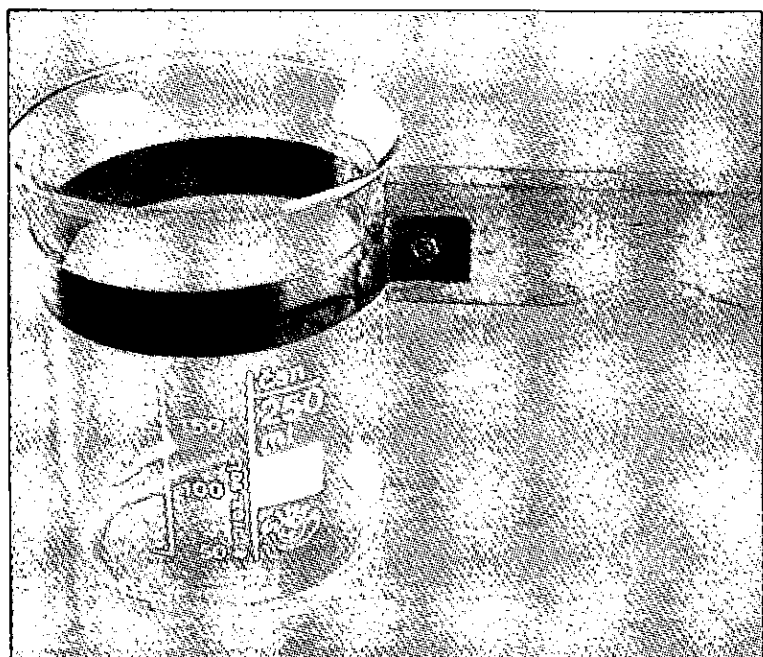
1-2

الف - وسایل مورد نیاز:

۱- بشر ۲۵۰<sup>cc</sup> (در صورت انتخاب اندازه دیگر، بقیه وسایل به تناسب آن محاسبه شود).

۲- تسمه فلزی نازک به طول ۳۰ و عرض ۱/۵ سانتی‌متر.

۳- پیچ و مهره به طول ۱/۵ و قطر حدود ۵/۲ سانتی‌متر.



1-3

ب - روش ساخت:

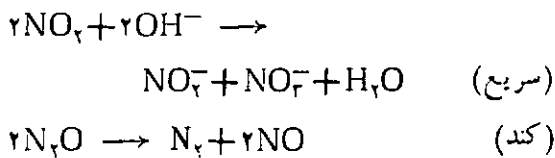
۱- چوب را مثل شکل درآورده به اندازه قطر خارجی پیچ و مهره سوراخ کنید.

۲- تسمه فلزی را دور بشر گرفته مطابق شکل خم و دو طرف آن را سوراخ کنید.

۳- مثل تصویر ۱-۳ با پیچ و مهره در بدنه بشر محکم کنید.

برای تدریس موضوع پیچیده و وسیعی مانند شیمی معدنی، لازم است دانش آموزان را با روشهای مؤثری که به کمک آنها بتوان واکنشهای شیمیایی را خلاصه کرد و آنها را تحت نظم و قاعده معینی درآورد، آشنا کنیم. تعدادی از این روشها را می توان در ترمودینامیک جستجو کرد و یکی از مؤثرترین آنها (کاربرد پتانسیلهای اکسایشی - کاهشی برای محاسبه کمی

نیروی محرکه واکنشهای اکسایشی - کاهشی در محلول آبی است) در این مقاله خواهیم دید که چگونه با به کار بردن پتانسیلهای کاهش می توان محصولات واکنش و نیروی محرکه واکنشهای اکسایشی - کاهشی را پیشگویی کرد. باید توجه داشت که داده های ترمودینامیکی صرفاً اطلاعاتی درباره میزان پیشرفت واکنشها به دست می دهند و به هیچ وجه نمی توان براساس این داده ها درباره سرعت واکنشها اظهار نظر کرد. برای مثال، اگر چه ثابتهای تعادل برای واکنشهای تمهیم نامتناسب در زیر بزرگتر از ۱۰<sup>۶</sup> است ولی تنها واکنش اول است که با سرعت قابل ملاحظه ای در شرایط عادی پیشرفت می کند.



پیشگویی سرعتهای واکنشهای شیمیایی در حال حاضر امکان پذیر نیست و تنها می توان به طور تقریب بعضی از مواد شیمیایی را به عنوان موادی که واکنشهای آنها سریع یا کند است طبقه بندی کرد. در هر حال، گاهی اوقات داده های ترمودینامیکی حتی بدون در اختیار داشتن اطلاعات سینتیکی مفید واقع می شوند و از این رو وقتی براساس داده های ترمودینامیکی به این نتیجه برسیم که واکنشی انجام پذیر نیست، دیگر صرف وقت برای انجام آن بیهوده است.

مثلاً چنانچه مایل باشیم که بدانیم آیا می توان هیدرازین را از طریق اکسایش محلول آبی آمونیاک به وسیله اکسید - نیتريك تهیه کرد یا نه، نخست از روی جدول انرژیهای آزاد گیبس داده های زیر را استخراج می کنیم.

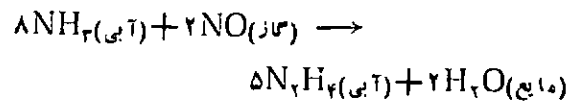
جزء مورد نظر	$\Delta G_f^\circ (25^\circ C)$ kcal mol <sup>-1</sup>
H <sub>2</sub> O (ای.ا)	-۵۶/۶۹
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (آ.ا)	۳۰/۶
NO (ز.ا)	۲۰/۶۹
NH <sub>3</sub> (آ.ا)	-۶/۳۵

**کاربرد  
پتانسیل  
کاهش در  
شیمی معدنی**

این مقاله به کتابهای شیمی سال دوم و سوم علوم تجربی و ریاضی فیزیک مربوط است.

دکتر منصور عابدینی  
استاد دانشگاه تهران  
آبان ۱۳۶۷

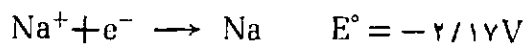
مقدار  $\Delta G^\circ$  برای واکنش زیر  $+49/0 \text{ kcal mol}^{-1}$  و مقدار  $K$  مساوی  $1/2 \times 10^{-36}$  محاسبه می‌شود



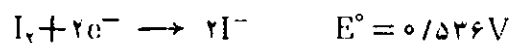
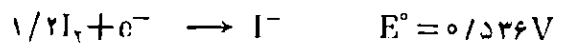
بنا بر این نتیجه می‌گیریم که واکنش فوق نمی‌تواند تحت شرایط عادی پیشرفتی داشته باشد و غلظت قابل ملاحظه‌ای از هیدرازین بدهد.

در هر حال، در تعبیر نتایج حاصل از داده‌های ترمودینامیکی باید جانب احتیاط را رعایت کرد. مثلاً، واکنش يك فاز غیر فرار را در نظر بگیرید که محصولی فرار می‌دهد و  $\Delta G^\circ$  این واکنش خیلی بزرگتر از صفر است. این قبیل واکنشها را غالباً می‌توان به وسیله تخلیه واکنشگاه به کمک پمپ تخلیه و یا به وسیله عبور مداوم يك گاز بی‌اثر حاصل از درون فاز غیر فرار، تا کامل شدن پیش برد. مثالی از این فرایند، آگیری از يك ترکیب جامد آپیوشیده در دسیکاتور است.

هر واکنش اکسایشی - کاهش را می‌توان به دو نیم واکنش تقسیم کرد و این نیم واکنشها را مطابق قرار داد به صورت واکنش کاهش می‌نویسیم و نیروی محرکه آنها را به صورت پتانسیل کاهش نشان می‌دهیم. مثلاً داریم:

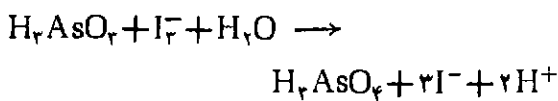


پتانسیلهای کاهش تعدادی از نیم واکنشها در محلول آبی در جدول (۱) داده شده است. این نکته را باید به خاطر داشت که این پتانسیلها بر حسب ولت در  $25^\circ$  داده شده‌اند و مقدار آنها با تغییر ضریب نیم واکنش تغییر نمی‌کند. برای مثال، پتانسیل هر دو نیم واکنش زیر یکسان است:

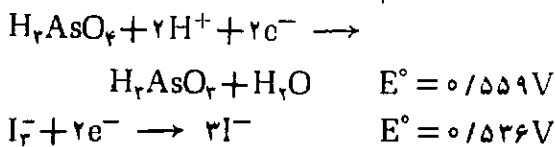


در جدول (۱) عوامل کاهنده از بالا به پایین به ترتیب تنزل قدرت کاهندگی (و در نتیجه عوامل اکسنده به ترتیب افزایش قدرت اکسندگی) آنها ذکر شده‌اند. يك عامل اکسنده باید بتواند کلیه عوامل کاهنده‌ای را که در این جدول بالاتر از آن

قرار گرفته‌اند، اکسیده کند و يك عامل کاهنده هم باید بتواند کلیه عوامل اکسنده‌ای را که در این جدول پایین تر از آن قرار گرفته‌اند، بکاهد. ولی چون پتانسیلهای داده شده، پتانسیلهای «استاندارد» هستند اظهار نظر فوق تنها در موردی صادق است که فعالیت (غلظت مؤثر) گونه‌های مورد نظر برابر واحد باشد. با توجه به اینکه می‌توان از روی پتانسیلهای کاهش برای نیم واکنشها، نیروی محرکه را برای يك واکنش کامل محاسبه کرد، این نکته روشن است که اطلاعات زیادی در این جدول نهفته است. چنانچه مایل باشیم انجام پذیر بسودن يك واکنش شیمیایی را پیشگویی کنیم و یا ثابت تعادل آن را محاسبه کنیم مراجعه به چنین جدولی بسیار سودمند است. مثلاً چنانچه بخواهیم نیروی محرکه را برای واکنش زیر محاسبه کنیم:



لازم است که پتانسیلهای مربوط به نیم واکنشهای زیر را از جدول استخراج کنیم:



برای به دست آوردن واکنش کامل، نیم واکنش اول را در منفی ضرب می‌کنیم و آن را با نیم واکنش دوم جمع می‌کنیم. توجه داشته باشید که هر موقع نیم واکنشها را با هم جمع می‌زنیم و یا از هم تفریق می‌کنیم، به جای جمع زدن یا تفریق کردن مقادیر  $E^\circ$  مربوط، باید تعداد مناسب الکترون و لتهای، یا مقادیر  $nE^\circ$  (که  $n$  در اینجا تعداد الکترونهاست که در يك نیم واکنش مشاهده می‌شود) را جمع یا تفریق کرد. برای واکنش فوق.

$$nE^\circ = 2(0/536 - 0/559) = -0/046\text{V}$$

است و مقادیر  $\Delta G^\circ$  (بر حسب کالری بر مول) یا  $K$  به قرار

زیر محاسبه می شود:

$$-\Delta G^\circ = nE^\circ F = \frac{96500 \text{ J/V} \cdot \text{mol}}{4184 \text{ J/cal}} nE^\circ$$

$$= 1060 \text{ cal mol}^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$1060 \text{ cal mol}^{-1} = \frac{813144 \text{ J/K} \cdot \text{mol}}{4184 \text{ J/cal}} \times 2.98 \ln K$$

$$K = 0.17$$

از این نتایج نباید چنین نتیجه گرفت که واکنش فوق نمی تواند به طور کمی در هیچ یک از دو جهت پیشرفت داشته باشد چرا که در واقع می توان اسید ارسینو را به وسیله تری یدید (ویا برعکس) به طور کمی سنجش حجمی کرد. برای انجام این اندازه گیریها لازم است که غلظت یون هیدروژن را در محلول تنظیم کنیم. در  $\text{pH} = 7$  داریم:

$$\frac{[\text{I}^-]^2 [\text{H}_7\text{AsO}_4]}{[\text{I}_3^-] [\text{H}_7\text{AsO}_4]} = \frac{0.17}{(10^{-7})^2} = 1.7 \times 10^{12}$$

و می توان اسید ارسینو را به وسیله تری یدید یا برعکس، اسید ارسینیک را به وسیله یدید، تیرکرد. در  $6\text{M HCl}$  داریم:

(با صرف نظر کردن از ضرایب فعالیت)

$$\frac{[\text{I}^-]^2 [\text{H}_7\text{AsO}_4]}{[\text{I}_3^-] [\text{H}_7\text{AsO}_4]} \approx \frac{0.17}{6^2} \approx 5 \times 10^{-2}$$

و در نتیجه می توان اسید ارسینیک را به طور کمی به وسیله مقدار فراوان یدید کاهش داد و ید آزاد شده را با تیوسولفات (سنجید).

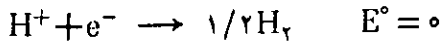
### بستگی پتانسیلها به pH

موضوع کلی بستگی پتانسیلهای کاهش به pH دارای اهمیت زیادی است. پتانسیل هر نیم واکنشی بر طبق رابطه نرنست با تغییر غلظت اجزاء آن تغییر می کند

$$E = E^\circ - \frac{0.05916}{n} \log Q$$

که در اینجا Q، همان شکل ثابت تعادل،  $K_{eq}$ ، را دارد و لسی تابع فعالیتها (غلظتها مؤثر) واکنش دهندهها و

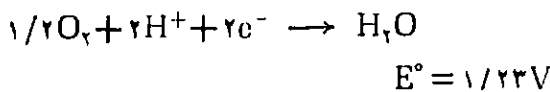
محصولات واکنش در يك سلول الکتروشیمیایی واقعی است و چنین سلولی چنانچه يك واکنش شیمیایی برای تولید جریان الکتریکی در حال انجام باشد، در حالت تعادل نیست. حال چنانچه در نیم واکنش، یون هیدروژن یا یون هیدروکسید ظاهر شود (و فعالیت یونی متناظر با آن در Q ظاهر خواهد شد) پتانسیل این نیم واکنش با pH تغییر می کند. پس برای نیم واکنش یون هیدروژن - هیدروژن داریم:



و می توان نوشت:

$$E = -0.05916 \log \frac{P_{\text{H}_2}^{1/2}}{[\text{H}^+]}$$

و برای نیم واکنش اکسیژن - آب داریم:

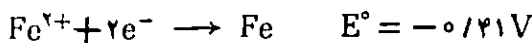


و در این مورد می توان نوشت:

$$E = 1.23 + 0.05916 \log ([\text{H}^+] P_{\text{O}_2}^{1/2})$$

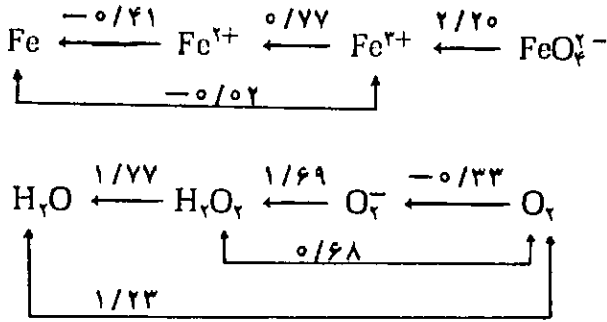
پتانسیلهای این نیم واکنشها در مقابل pH در شکل (۱) رسم شده است. به طور نظری هیچ عامل اکسندگی که پتانسیل کاهش آن بالای خط  $\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O}$  و همین طور هیچ عامل کاهنده ای که پتانسیل کاهش آن پایین تر از خط  $\text{H}^+ - \text{H}_2$  قرار گیرند نمی تواند در محلول آبی وجود داشته باشد. ولی، در واقع، به دلایل سینتیکی، می توان این خطها را حدود  $0.5 \text{ V}$  جابجا کرد و خطهای بریده در شکل (۱) مرزهای واقع بینانه تری برای حوزه پایداری عوامل اکسندگی و کاهنده را در محلولهای آبی نشان می دهند.

به هنگام به کار بردن پتانسیلهای کاهش باید به گستره pH که آن پتانسیلها اعتبار دارند توجه داشت. برای مثال، پتانسیل کاهش یون آهن (II) - آهن

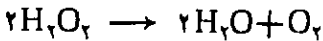
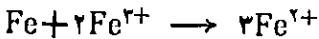


در محلولهای قلیایی اعتبار ندارد زیرا در محیط قلیایی یون آهن (II) هیدروکسید اساساً نامحلول می دهد. برای محاسبه پتانسیلی که مناسب محلولهای قلیایی باشد باید حاصلضرب انحلالی هیدروکسید آهن (II) ( $8 \times 10^{-16}$ ) را بدانیم. توجه

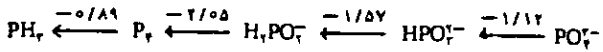
شده، به صورت نمودار نشان دهیم.



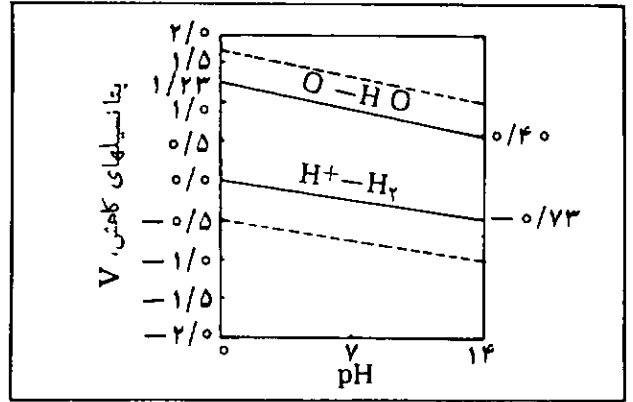
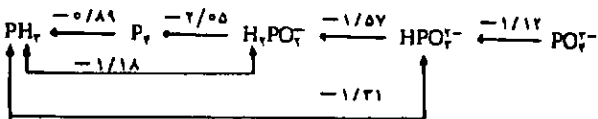
از روی این نمودارها می توان دریافت که کدام حالت های اکسایش نسبت به تسهیم نامتناسب ناپایدارند. چنانچه یک حالت اکسایش معین نسبت به حات اکسایش بالاتر بعدی عامل اکسنده قویتری باشد، تسهیم نامتناسب می تواند انجام بگیرد (موقعی که پتانسیل کاهش در سمت راست منفی تر از پتانسیل کاهش در سمت چپ باشد این وضع پیش می آید) به این ترتیب  $\text{Fe}^{3+}$  و  $\text{Fe}^{2+}$  هر دو نسبت به تسهیم نامتناسب پایدارند و لسی  $\text{H}_2\text{O}_2$  ناپایدار است. از این رو واکنش های زیر خود به خود انجام پذیرند:



واکنش اخیر در شرایط عادی بسیار کند است و لسی در مجاورت کاتالیزورهای معینی بر سرعت آن افزوده می شود. گاهی اوقات نمی توان بلافاصله از روی یک نمودار ساده پتانسیل کاهش به این موضوع پی برد که آیا یک جزء معین نسبت به تسهیم نامتناسب پایدار است یا نه. برای مثال، نمودار زیر را برای فسفر در محلول بازی ( $1\text{MOH}^-$ ) در نظر بگیرید.

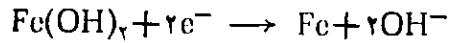
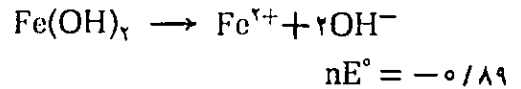
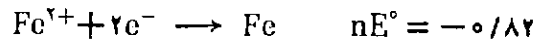


هیپوفسیت ( $\text{H}_2\text{PO}_2^-$ ) با توجه به تسهیم نامتناسب آن به فسفوفسیت، پایدار است و لسی چنانچه نیم واکنش فسفین - هیپوفسیت را که در نمودار کاملتر زیر نشان داده شده در نظر بگیریم:



شکل (۱) پتانسیل های کاهش  $\text{O}_2-\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{H}^+-\text{H}_2$  به صورت تابعی از pH

به صورت تابعی از pH  
کنید که با جمع زدن نیم واکنش  $\text{Fe}^{3+}-\text{Fe}$  با واکنش مربوط به انحلال هیدروکسید آهن (II)، نیم واکنش  $\text{Fe}(\text{OH})_2-\text{Fe}$  به دست می آید:



$$nE^\circ = -1/71$$

در مورد نیم واکنش  $\text{Fe}^{3+}-\text{Fe}$ ، مقدار  $nE^\circ$  با ضرب کردن  $-0/41$  در عدد ۲ حاصل می شود و در مورد واکنش انحلال  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  هم مقدار  $nE^\circ$  از رابطه

$$nE^\circ = 0/05916 \log K$$

به دست می آید. برای به دست آوردن الکترون و لتهای مربوط به نیم واکنش جدید باید الکترون و لتهای مربوط به هر مرحله را در نظر بگیریم. از این رو پتانسیل نیم واکنش جدید از تقسیم الکترون و لتهای بر عدد ۲ که همان تعداد الکترونها باشد، یعنی  $E^\circ = -1/71/2 \approx -0/86$ ، به دست می آید.

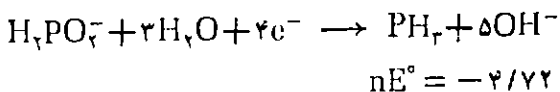
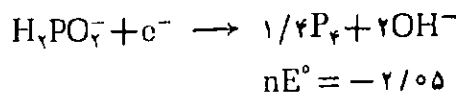
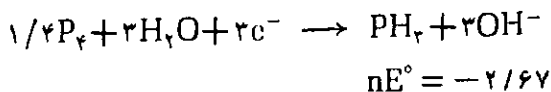
### نمودارهای پتانسیل کاهش

چنانچه عنصری دارای چندین حالت اکسایش مختلف باشد، بهتر است که پتانسیل های کاهش مربوط به نیم واکنش های مختلف آن را، همان طور که در زیر برای آهن و اکسیژن انجام

ملاحظه می‌شود که هیپوفسفیته نسبت به تشکیل فسفین و فسفیت ناپایدار است. این واکنش موقعی که هیپوفسفیته‌نمای جامد را حرارت دهیم انجام می‌گیرد، ولی در محلول آبی که گرم باشد، واکنش اصلی کاهش آب و تشکیل هیدروژن است.



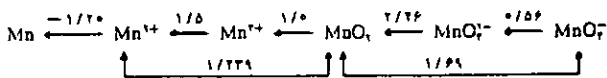
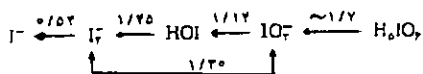
در اینجا بی‌مناسبت نیست که نحوه محاسبه پتانسیل کاهش نیم واکنش هیپوفسفیته - فسفین را نشان دهیم. برای این منظور نیم واکنشهای فسفر - فسفین و هیپوفسفیته - فسفر را با هم جمع می‌کنیم.



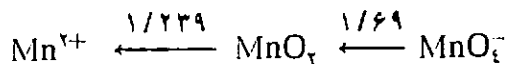
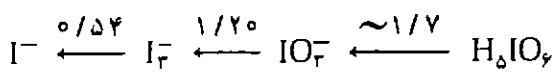
برای به دست آوردن پتانسیل نیم واکنش جدید، الکترون ولتهای مربوط را به تعداد الکترونها تقسیم می‌کنیم

$$E^\circ = -4/72 \div 4 = -1/18$$

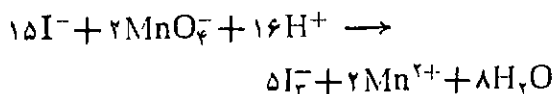
یکی از جالبترین کاربردهای نمودارهای پتانسیل کاهش، پیشگویی محصولات واکنشهایی است که در آنها عناصری که چندین حالت اکسایش دارند شرکت می‌کنند. برای مثال واکنشهای یدید و پرمنگنات را در محلول اسیدی در نظر بگیرید. نمودارهای پتانسیل کاهش به قرار زیرند:



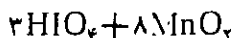
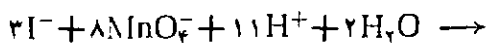
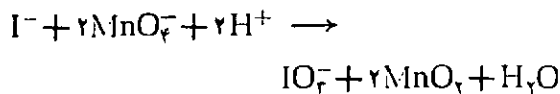
در این نمودارها سه جزء،  $\text{HOI}$ ،  $\text{Mn}^{3+}$  و  $\text{MnO}_4^{2-}$  نسبت به سهم نامتناسب ناپایدارند و بنابراین آنها را از فهرست محصولات احتمالی حذف می‌کنیم و کافی است که نمودارهای ساده شده زیر را در نظر بگیریم:



چنانچه واکنش بین یدید و پرمنگنات با مقدار اضافی یدید انجام بگیرد (مثلاً وقتی که پرمنگنات را قطره قطره به محلول اسید هیدرویدیک اضافه می‌کنیم) در این صورت محصولات واکنش باید با حضور یون یدید سازگار باشد. در نتیجه تحت چنین شرایطی یدات نمی‌تواند تشکیل شود چونکه یدات با اضافی یدید ترکیب می‌شود و تری یدید می‌دهد. به همین ترتیب، دی اکسید منگنز نمی‌تواند تشکیل شود زیرا دی اکسید منگنز، یدید را اکسیده می‌کند. پس، واکنش کلی به صورت زیر خواهد بود:



حال چنانچه این واکنش را در حضور پرمنگنات اضافی انجام دهیم (مثلاً وقتی که یدید را قطره قطره به محلول اسیدی پرمنگنات اضافه می‌کنیم) محصولات واکنش باید با حضور پرمنگنات سازگار باشد. پس، یون  $\text{Mn}^{2+}$  نمی‌تواند تشکیل گردد زیرا این یون با پرمنگنات ترکیب می‌شود و دی اکسید منگنز می‌دهد و یدید هم تنها به تری یدید اکسیده نمی‌شود زیرا که تری یدید قادر است که پرمنگنات را کاهش دهد. در اینجا تشابه اندازه (بزرگی) پتانسیلهای دو نیم واکنش  $\text{IO}_3^- - \text{HIO}_4$  و  $\text{MnO}_4^- - \text{MnO}_2$  قضیه را پیچیده می‌کند و ماحصل اینکه یدید به مخلوطی از یدات و اسید پریدیک اکسیده می‌شود



توجه کنید که با تغییر واکنش دهنده‌ای که مقدار آن اضافی است، محصولات کاملاً متفاوتی به دست می‌آید. در پیشگویی محصولات واکنش باید به این نکته توجه داشته باشیم که محصولات نهایی واکنش نباید با یکدیگر و یا با واکنش دهنده‌ای که مقدار آن اضافی است، ترکیب شود.

جدول (۱) پتانسیلهای کاهش تعدادی از نیم واکنشها در محلول آبی

محلولهای اسید		محلولهای بازی	
جفت	$E^\circ$	جفت	$E$
$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-۲/۷۱	$Mg(OH)_2 + 2e^- \rightarrow Mg + 2OH^-$	-۲/۶۸
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-۲/۳۷	$H_2AlO_4^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Al + 2OH^-$	-۲/۳۵
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-۱/۶۶	$B(OH)_3 + 2H_2 + 2e^- \rightarrow BH_4^- + 2OH^-$	-۱/۶۰
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-۰/۷۶	$HPO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2PO_4^- + 2OH^-$	-۱/۵۷
$H_2PO_4^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2PO_4 + H_2O$	-۰/۵۰	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Zn + 2OH^-$	-۱/۲۲
$H_2BO_3^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow BH_4^- + 2H_2O$	-۰/۲۷	$2SO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow S_2O_4^{2-} + 2OH^-$	-۱/۱۲
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-۰/۱۲	$SO_3^{2-} + H_2O + 2e^- \rightarrow SO_3^{2-} + 2OH^-$	-۰/۸۲
$2H_2SO_4 + H^+ + 2e^- \rightarrow HS_2O_4^- + 2H_2O$	-۰/۰۸	$HSnO_3^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Sn + 2OH^-$	-۰/۸۱
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	۰/۰۰	$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-$	-۰/۸۲
$HCOOH + 2H^+ + 2e^- \rightarrow HCHO + H_2O$	۰/۰۶	$AsO_4^{3-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2AsO_4^- + 2OH^-$	-۰/۶۷
$S + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2S$	۰/۱۲	$S + 2e^- \rightarrow S^{2-}$	-۰/۴۸
$Sn^{4+} + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}$	۰/۱۵	$CrO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Cr(OH)_3 + 3OH^-$	-۰/۱۳
$SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2SO_4 + H_2O$	۰/۱۷	$O_2(g) + H_2O + 2e^- \rightarrow HO_2^- + OH^-$	-۰/۰۸
$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightarrow Fe(CN)_6^{4-}$	۰/۳۶	$PbO_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow PbO + 2OH^-$	۰/۱۵
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	۰/۵۴	$O_2(g) + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$	۰/۲۰
$H_2AsO_4^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2AsO_4 + H_2O$	۰/۵۶	$IO_3^- + H_2O + 2e^- \rightarrow I^- + 2OH^-$	۰/۲۹
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$	۰/۶۸	$MnO_4^- + 2H_2O + 2e^- \rightarrow MnO_2 + 2OH^-$	۰/۲۹
$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	۰/۷۷	$H_2IO_4^- + 2e^- \rightarrow IO_4^- + 2OH^-$	۰/۷۰
$NO_3^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O$	۰/۹۶	$BrO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Br^- + 2OH^-$	۰/۷۶
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	۱/۰۶	$HO_2^- + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$	۲/۸۸
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	۱/۲۲	$ClO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^-$	۰/۸۹
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	۱/۲۲	$O_2(g) + H_2O + 2e^- \rightarrow O_2^-(g) + 2OH^-$	۱/۲۲
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	۱/۳۶	$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$	۲/۰۱
$PbO_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	۱/۲۶		
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	۱/۵۱		
$H_2IO_4^- + H^+ + 2e^- \rightarrow IO_4^- + 2H_2O$	۱/۶۰		
$MnO_4^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	۱/۶۹		
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	۱/۷۷		
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$	۲/۰۱		
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2^-(g) + H_2O$	۲/۰۷		
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-$	۲/۸۷		

مراجع:

- ۱) W. L. Jolly, Modern Inorganic Chemistry, Mc Graw - Hill Book Company, 1985.  
 ۲) W. L. Jolly, Collected Readings in Inorganic

Chemistry Vol. II, J. Chem. Educ., p. 106 - 109 (1972).  
 ۳) رشد آموزش شیمی سال اول شماره ۳-۴ (۱۳۶۴) دکتر حسین آقائی

اگر دانشگاه اصلاح شود مسکن  
اصلاح می‌شود  
(امام خمینی)

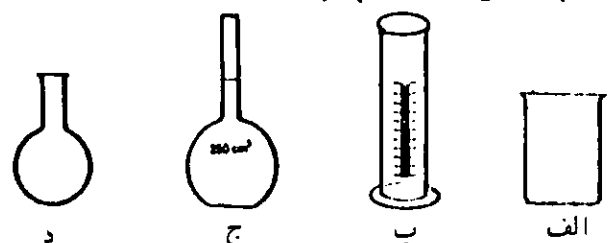
## آزمون شیمی

### گروه آزمایشی

### ریاضی فیزیک

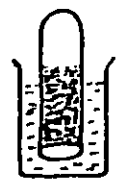
### سال تحصیلی ۶۸-۶۹

(۳) ب، ج      (۴) ب، د



۳-  $Fe_2O_3$  جزو مواد چندتایی است؟  
(۱) دوتایی      (۲) سه‌تایی  
(۳) چهارتایی      (۴) هفت‌تایی

۴- تا  $\frac{1}{3}$  حجم يك لوله آزمایش را محلول قلیایی بیروگسالل می‌ریزیم و پس از تکان دادن، آن را مطابق شکل، در تشتک آب قرار می‌دهیم. گاز موجود در بالای لوله کدام است؟



(۱) اکسیژن      (۲) دی‌اکسید کربن  
(۳) نیتروژن      (۴) هوا

۵- فلز قلعین در محلول کدام ماده به رنگ ارغوانی درمی‌آید؟

(۱)  $NH_4NO_3$       (۲)  $Na_2SO_4$   
(۳)  $K_2S$       (۴)  $CH_3COONH_4$

۶- حلی، ورقه آهنی پوشیده از کدام فلز است؟

(۱) روی      (۲) سرب      (۳) قلع      (۴) کروم

۷- کدام عنصر، در گروه IIIB جدول تناوبی جای دارد؟

(۱)  $Ca_{20}$       (۲)  $Sc_{21}$   
(۳)  $Cr_{24}$       (۴)  $Ga_{31}$

۸- با توجه به داده‌های زیر، کدام دو عنصر در يك دوره جدول تناوبی قرار دارند؟

عنصر	A	B	C	D
آرایش الکترونی لایه ظرفیت	$3d^5 4s^1$	$3s^2$	$4d^5 5s^1$	$4s^2$

(۱) A و C      (۲) A و D  
(۳) B و C      (۴) B و D

۱- آرایش الکترونی عنصری به  $3d^3 4s^2$  ختم می‌شود، بالاترین عدد اکسیداسیون آن در ترکیبات، کدام است؟

(۱) ۱      (۲) ۲      (۳) ۳      (۴) ۵

۲- برای گرم کردن مایعات، از کدام دو ابزار آزمایشگاهی استفاده می‌شود؟

(۱) الف، ج      (۲) الف، د



۹- اگر تعداد پروتونهای دو اتم A و B، به ترتیب برابر ۲۵ و ۹ باشد، فرمول ماده حاصل از ترکیب آنها با یکدیگر کدام است؟

BA (۱) BA<sub>۲</sub> (۲)

B<sub>۲</sub>A (۳) B<sub>۲</sub>A<sub>۳</sub> (۴)

۱۰- آرایش الکترونی اتم عنصری به  $3d^5 4s^2$  ختم می‌شود: عدد اتمی آن عنصر، کدام است؟

۲۷ (۱) ۲۶ (۲) ۲۵ (۳) ۲۴ (۴)

۱۱- به کدام علت، انرژی نخستین یونیزاسیون B از انرژی نخستین یونیزاسیون Be کمتر است؟

(۱) بیشتر بودن الکترونگاتیوی

(۲) کوچکتر بودن شعاع اتمی

(۳) قرار داشتن الکترون در تراز پایین‌تر

(۴) قرار داشتن الکترون در تراز بالاتر

۱۲- با افزایش عدد اتمی عناصر گروه IA تغییری که در فعالیت فلزی و شعاع کاتیون یک ظرفیتی آنها پیش می‌آید، به ترتیب چگونه است؟

(۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش

(۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

۱۳- کدام عنصر می‌تواند جامد کووالانسی تشکیل دهد؟

(۱) کربن (۲) کلر (۳) لیتیم (۴) نئون

۱۴- کدام ماده در حالت مذاب، رسانای جریان برق نیست؟

(۱) آلومین (۲) سیلیس

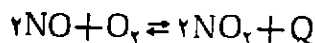
(۳) سرب (۴) سود

۱۵- در جاهای خالی عبارت «انحلال خودبخودی کلرید تیروژن در آب، با ... محتوای انرژی و ... میزان بی‌نظمی همراه است.» به ترتیب کدام کلمه‌ها را باید قرار داد؟

(۱) افزایش - افزایش (۲) افزایش - کاهش

(۳) کاهش - افزایش (۴) کاهش - کاهش

۱۶- وارد کردن مقدار زیادی هوای سرد، در سیستم تعادلی گازی:



موجب کدام تغییر، می‌شود؟

(۱) افزایش مقدار NO

(۲) افزایش مقدار NO<sub>۲</sub>

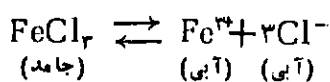
(۳) کاهش فشار کل در سیستم

(۴) کاهش مقدار ثابت تعادل

۱۷- غلظت یون OH<sup>-</sup> در محلولی از HCl با pH = ۳ کدام است؟

۱۰<sup>-۲</sup> (۱) ۱۰<sup>-۳</sup> (۲) ۱۰<sup>-۱۱</sup> (۳) ۱۰<sup>-۱۲</sup> (۴)

۱۸- اگر به سیستم در حالت تعادل:



کمی NaOH افزوده شود، چه روی خواهد داد؟

(۱) افزایش مقدار FeCl<sub>۳</sub>

(۲) تشکیل رسوب Fe(OH)<sub>۳</sub>

(۳) تشکیل بلور NaCl

(۴) کاهش مقدار Cl<sup>-</sup>

۱۹- در الکترولیز محلول غلیظ کدام نمک سدیم، در آند گاز اکسیژن آزاد می‌شود؟

(۱) برمید (۲) فلوئورید (۳) کلرید (۴) یدید

۲۰- مقدار ε عناصر A، B، C و D به ترتیب برابر  $2/34$ ،  $-1/18$ ،  $-5/44$  و  $2/87$  ولت است. کدام عنصر با H<sup>+</sup> بهتر واکنش می‌دهد؟

(۱) A (۲) B (۳) C (۴) D

۲۱- کدام دو اتم در تشکیل پیوند با سایر اتمها می‌توانند اربینالهای d خود را در هیبریداسیون شرکت دهند؟

(۱) O و N (۲) O و P

(۳) N و S (۴) S و P

۲۲- CH<sub>۴</sub>، H<sub>۳</sub>O<sup>+</sup> و NH<sub>۳</sub> از کدام لحاظ مانند یکدیگرند؟

(۱) اندازه زوایای پیوند

(۲) تشکیل پیوند تیروژنی

(۳) میزان قطبیت

(۴) نوع هیبریداسیون

۲۳- در واکنش بین کدام دو ماده، گوگرد آزاد می‌شود؟

- (۱) اکسیژن و سولفید روی
- (۲) اسید سولفوریک و سولفیت سدیم
- (۳) اسید کلریدریک و تیوسولفات سدیم
- (۴) اکسیژن و سولفید تیروژن

۲۴- از وارد کردن هر مول از کدام ماده، در آب چهار مول یون آزاد می‌شود؟

- (۱) آمونیاک
- (۲) اکسید سدیم
- (۳) اکسید کلسیم
- (۴) کلرید کلسیم

۲۵- زغال چوب از نظر ساختمانی شبیه کدام ماده است؟

- (۱) الماس
- (۲) زغال کک
- (۳) زغال قرع
- (۴) گرافیت

۲۶- به کمک کدام ماده می‌توان محلول غلیظ HCl را از محلول NaCl تشخیص داد؟

- (۱) محلول غلیظ آب برم
- (۲) محلول غلیظ آمونیاک
- (۳) نیترات سرب
- (۴) نیترات نقره

۲۷- فرمول مولکولی اتیل متیل هگزان کدام است؟

- (۱)  $C_8H_{16}$
- (۲)  $C_8H_{18}$
- (۳)  $C_9H_{18}$
- (۴)  $C_9H_{20}$

۲۸- اتم کلر به جای تیروژن در کدام ترکیب قرار گیرد تا سه ترکیب ایزومر حاصل شود؟

- (۱) ایزوپنتان
- (۲) ایزوبوتان
- (۳) پنتان نرمال
- (۴) بوتان نرمال

۲۹- از واکنش گاز کار با تولوئن به نسبت مولی برابر، در تاریکی و مجاورت با کلرید آلومینیم، کدام ماده بیشتر تولید می‌شود؟

- (۱) ارتوکلروتولوئن
- (۲) پاراکلروتولوئن
- (۳) کلرید بنزیل
- (۴) کلرید فنیل

۳۰- اتیل الکل و فنل با کدام ماده واکنش می‌دهند؟

- (۱) برمید تیروژن (۲) سدیم
  - (۳) سود (۴) کلرید آهن (III)
- ۳۱-  $HCOO-CH-CH_3$  واکنش اسید فرمیک با کدام

۱) ایزوپروپیل الکل (۲) اتیل الکل

۳) پروپیل الکل (۴) متیل الکل

۳۲- متیل آمین را چگونه می‌توان از آمونیاک تشخیص داد؟

- (۱) سوختن در هوا (۲) با معرفهای رنگی
- (۳) واکنش با اسیدها (۴) واکنش با نمکهای مس

۳۳- کاتوچو را به کدام منظور ولکانیزه می‌کنند؟

- (۱) افزایش جرم مولکولی
- (۲) افزایش خاصیت کشسانی
- (۳) کاهش نقطه ذوب
- (۴) کاهش جرم حجمی

۳۴- مخلوطی از یک مول استیان، دو مول اتیان و ۴ مول تیروژن را از روی نیکل گرم عبور می‌دهیم، پس از انجام کامل واکنشها، مخلوط شامل چند مول گاز خواهد بود؟

- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶

۳۵- از واکنش ۳/۲ گرم استیلید کلسیم با آب، چند مول استیان تولید می‌شود؟

(C = ۱۲ , Ca = ۴۰)

- (۱) ۵/۰۲ (۲) ۱/۰۳ (۳) ۳/۰۴ (۴) ۵/۰۵

۳۶- از اکسیداسیون ۲ مول اتانل چند گرم اتانال به دست می‌آید؟

(H = ۱ , C = ۱۲ و O = ۱۶)

- (۱) ۳۰ (۲) ۴۰ (۳) ۵۸ (۴) ۸۸

۳۷- ۵/۱ مول کلسیم و ۵/۲ اتم گرم نئون از نظر جرم (بر حسب گرم) و نیز از لحاظ عده آنها به ترتیب چگونه‌اند؟

(Ca = ۴۰ , Ne = ۲۰)

- (۱) متفاوت - متفاوت (۲) متفاوت - یکسان
- (۳) یکسان - متفاوت (۴) یکسان - یکسان

# پاسخ آزمون شیمی

## گروه آزمایشی

### ریاضی فیزیک

## سال تحصیلی ۶۹-۶۸

### حام امینی

- ۱- چون تراز d در لایه ظرفیت این عنصر پر نشده است. پس این عنصر واسطه است. در عنصرهای واسطه که تراز d لایه ظرفیت آنها کمتر از ۶ الکترون داشته باشد. مجموع الکترونهاي ترازهای s و d برابر بالاترین عدد اکسیداسیون عنصر است پس بالاترین عدد اکسیداسیون آن برابر ۵+ است.
- ۲- برای گرم کردن مایعات، بشر و بالن ته گرد که از جنس پیرکس اند به کار می روند.
- از استوانه مدرج برای برداشتن حجمهای معین و دلخواه و از استوانه ته صاف برای برداشتن حجم مشخصی از مایعات استفاده می شود.

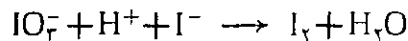
۳۸- ۱۰ میلی لیتر محلول ۲۰ گرم در لیتر نیدروکسید سدیم با چند میلی لیتر محلول نرمال اسید کلریدریک خنثی می شود؟  
(NaOH = ۴۰)

۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۵ (۴) ۱۰  
۳۹- از واکنش ۲۸ گرم آهن با اسید سولفوریک، چند گرم زاج سبز می توان به دست آورد؟  
(FeSO<sub>۴</sub> = ۱۵۲ , H<sub>۲</sub>O = ۱۸)

۱) ۷۶ (۲) ۸۵ (۳) ۱۲۱ (۴) ۱۳۹  
۴۰- در صورتی که  $\epsilon^\circ$  پیل «Zn-Cu» برابر ۱/۱ ولت و  $\epsilon^\circ$  پیل «Fe-Cu» برابر ۰/۷۸ ولت باشد.  $\epsilon^\circ$  پیل «Zn-Fe» بر حسب ولت کدام است؟

۱) ۰/۳۲ (۲) ۰/۴۴ (۳) ۰/۷۶ (۴) ۱/۸۸  
۴۱- از واکنش ۲ حجم گاز نیتروژن با ۶ حجم گاز نیدروژن (با فرض بازدهی کامل) چند حجم گاز آمونیاک به دست می آید؟

۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۸ (۴) ۱۲  
۴۲- در معادله واکنش:



پس از موازنه، ضرایب IO<sub>۳</sub><sup>-</sup> و I<sup>-</sup> به ترتیب کدام است؟

۱) ۳ و ۱ (۲) ۱ و ۵ (۳) ۲ و ۵ (۴) ۳ و ۶

۴۳- کدام فلز با آب واکنش می دهد و محلول حاصل با اسید سولفوریک، ماده نامحلول در آب تولید می کند؟

۱) Ba (۲) Mg (۳) Pb (۴) Zn

۴۴- اگر غلظت یکی از مواد در واکنشی پس از ۲۵ ثانیه از ۰/۰۵ به ۰/۰۲۵ مول کاهش یابد، سرعت متوسط آن واکنش، چند مول در ثانیه است؟

۱)  $1 \times 10^{-4}$  (۲)  $1 \times 10^{-3}$  (۳)  $2/5 \times 10^{-3}$  (۴)  $5/0 \times 10^{-2}$

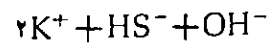
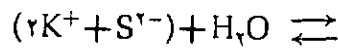
۴۵- اگر در هر لیتر محلول سیر شده CaS مقدار  $6 \times 10^{-15}$  یون گرم Ca<sup>۲+</sup> وجود داشته و حاصلضرب حلالیت آن  $x \times 10^{-29}$  باشد. x کدام عدد است؟

۱) ۱/۸ (۲) ۳/۶ (۳) ۶ (۴) ۳۶

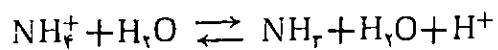
۳-  $Fe_2O_3$  از دو عنصر آهن و اکسیژن تشکیل شده و جزو مواد دوتایی است.

۴- محلول قلیایی پیروگال جذب کننده اکسیژن هوا است. بنا بر این گاز باقیمانده در لوله آزمایش، نیتروژن است.

۵- نمکهایی که از اسیدهای ضعیف و بازهای قوی تشکیل شده اند (مانند  $K_2S$ )، آنیون آنها در آب هیدرولیز شده حالت قلیایی به محلول می دهد و در نتیجه فنل فتالین را به رنگ ارغوانی درمی آورند.



نیترات آمونیم از اسید قوی و باز ضعیف تشکیل شده است، کاتیون آن در آب هیدرولیز شده حالت اسیدی به محلول می دهد:



سولفات سدیم و نیترات آمونیم پس از حل شدن در آب تغییری در pH آب نمی دهند.

۶- هرگاه سطح ورقه های آهنی را با قشری از قلع پوشانیم حلی به دست می آید.

۷- عنصری که در گروه IIB قرار دارد، عنصر واسطه است که مجموع الکترونها  $s$  و  $d$  لایه ظرفیت آن برابر ۳ است. به عبارت دیگر از گاز بی اثر ماقبل خود سه الکترون بیشتر دارد. با توجه به گزینه ها عدد اتمی ۲۱ را که مربوط به Sc است. می توان به آن نسبت داد. آرایش الکترونی اسکاندیم  $3d^1 4s^2$  ( $18Ar$ ) است.

۸- عنصرهایی که در یک دوره جدول تناوبی جای دارند تعداد ترازهای اصلی الکترونی آنها برابر است بنا بر این دو عنصر که به آرایشهای الکترونی  $3d^5 4s^1$  و  $4s^2$  ختم می شوند در دوره چهارم جدول جای دارند.

۹- آرایش الکترونی لایه ظرفیت عنصر A برابر  $2p^5$  و عنصر B برابر  $4s^2$  است بنا بر این A غیر فلزی یکظرفیتی و B فلزی دو ظرفیتی است و فرمول ماده حاصل از ترکیب آنها  $BA_3$  است.

۱۰- آرایش الکترونی عنصر مورد نظر به صورت  $3d^5 4s^2$  ( $18Ar$ ) است و دارای ۲۵ الکترون و در نتیجه عدد اتمی آن ۲۵ است.

۱۱- آرایش الکترونی تراز ظرفیت بریلیم ( $4Be$ ) به صورت  $2s^2$  و بور ( $5B$ ) به صورت  $2s^2 2p_x^1$  است آخرین الکترون عنصر B در تراز p قرار دارد و می دانیم که سطح انرژی تراز p از s بالاتر در نتیجه الکترون مربوط به آن ناپایدارتر است.

۱۲- در گروه فلزهای IA و همچنین سایر گروههای فلزی جدول با افزایش عدد اتمی به علت افزایش تعداد ترازهای الکترونی، شعاع اتمی و یونی افزایش می یابد و همچنین به علت افزایش اثر پوششی ترازهای مابین، نیروی جاذبه هسته به تراز ظرفیت کاسته شده در نتیجه به فعالیت فلزی افزوده می شود.

۱۳- دو عنصر کلروتنون در حالت جامد، مولکولی، لینیم جامد فلزی و کربن به صورت الماس جامد کووالانسی است.

۱۴- آلومین ( $Al_2O_3$ ) و سود، جامد های یونی بوده، در حالت مذاب رسانای جریان برق می باشند. سرب جامد فلزی است هم در حالت جامد و هم در حالت مذاب رسانا است ولی سیلیس ( $SiO_2$ ) جامد کووالانسی بوده در حالت مذاب (و یا جامد) نارسانا است.

۱۵- انحلال گازها در آب در جهت کاهش میزان بی نظمی است و در صورتی خود بخودی است که گرمازا بوده یعنی در جهت کاهش محتوای انرژی باشد.

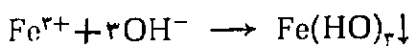
۱۶- با توجه به اینکه واکنش مستقیم در سیستم تعادلی، گرمازا می باشد با وارد کردن هوای سرد، سیستم در جهت مستقیم جابه جا می شود افزوده شدن مقدار اکسیژن هوا نیز بر طبق اثر غلظت به پیشرفت واکنش در جهت مستقیم کمک می کند که نتیجه زیاد شدن مقدار  $NO_2$  است.

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2} M \quad -17$$

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \rightarrow$$

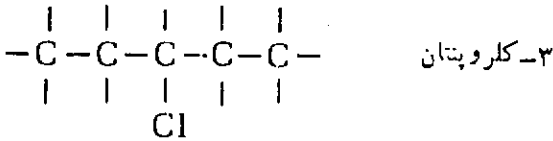
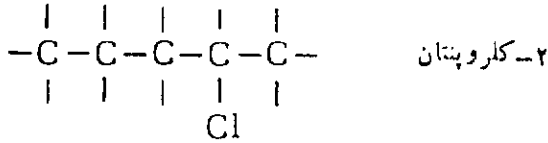
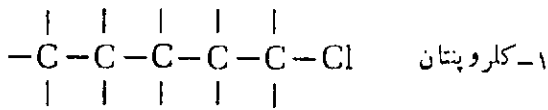
$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}$$

۱۸- کاتیون  $Fe^{3+}$  با یون  $OH^-$  مطابق واکنش زیر رسوب هیدرواکسید آهن (III) می دهد.



روشن است که با مصرف شدن یون  $Fe^{3+}$  تعادل در جهت مستقیم جابه جا شده از مقدار  $FeCl_3$  کاسته می شود و به مقدار  $Cl^-$  افزوده می شود.

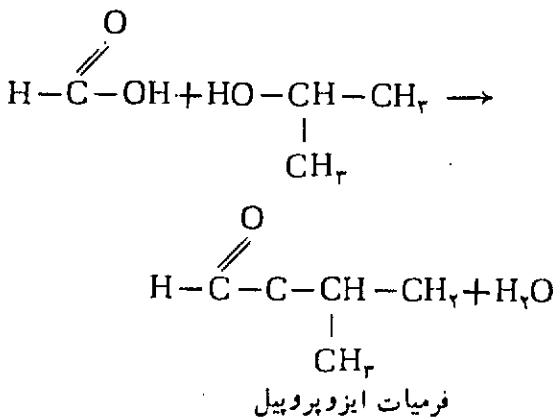
درست است و ایزومرهای مورد نظر عبارت اند از:



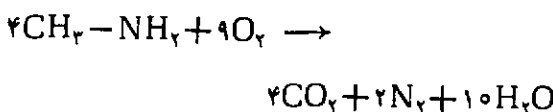
توجه: در صورتیکه ایزومری نوری نیز مورد نظر باشد گزینه (۴) درست است زیرا ۲- کلرو بوتان يك اتم کربن نامتقارن داشته به صورت دو ایزومر نوری است که هر دو با ۱- کلرو- بوتان ایزومر ساختمانی اند.

۳۹- گروه متیل، هدایت کننده ارتو و پارا می باشد و لسی چون احتمال برخورد گروههای الکتروفیل به موقعیت ارتو دو برابر پارا است پس ارتو کلروتولون بیشتر تولید می شود. ۳۰- در الکل و فنل عامل  $-OH$  به طور قابل توجه قطبی بوده و با فلزهای قوی مانند سدیم و پتاسیم هیدروژن آزاد می سازد.

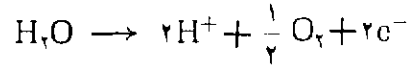
۳۱- استر مورد نظر از واکنش اسید فرمیک با ایزوپروپیل الکل به دست می آید و معادله واکنش چنین است:



۳۲- متیل آمین برخلاف آمونیاک در هوا می سوزد و گاز نیتروژن آزاد می سازد سوختن متیل آمین چنین است:



۱۹- با توجه به پتانسیل الکتروودی، آب از یون  $F^-$  احیا کننده تر است بنابراین ضمن الکترولیز  $NaF$  به جای  $F^-$ ، آب در نیم واکنش آندی شرکت کرده گاز اکسیژن در آند آزاد می شود:

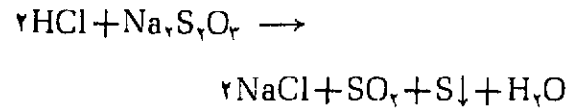


۲۰- هر چقدر پتانسیل احیای عنصری کمتر باشد قدرت احیا کننده گی آن بیشتر است و آسان تر می تواند الکترون در اختیار  $H^+$  قرار دهد. بدیهی است عنصرهایی که پتانسیل احیای آنها مثبت است با  $H^+$  واکنش نمی دهند.

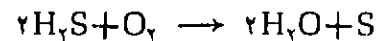
۲۱- عنصرهای دوره دوم در تراز ظرفیت اربیتال d ندارند و لسی عنصرهای سایر دوره ها می توانند اربیتالهای d لایه ظرفیت را در هیبریداسیون شرکت دهند. مثلاً فسفر و گوگرد اربیتال ۳d را در هیبریداسیون شرکت می دهند.

۲۲- هیبریداسیون اتم مرکزی در هر سه ماده از نوع  $sp^3$  می باشد.

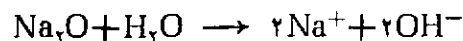
۲۳- از اثر اسید کلریدریک بر تیوسولفات سدیم طبق واکنش زیر گوگرد آزاد می شود:



لازم به یادآوری است که از واکنش اکسیژن با  $H_2S$  (که در گزینه ۴ عنوان شده است) در صورتیکه اکسیژن به قدر کافی نباشد امکان تشکیل گوگرد وجود دارد.



۲۴- از وارد کردن هر مول اکسید سدیم در آب، مطابق واکنش زیر چهار مول یون تولید می شود:



۲۵- زغال چوب از نظر ساختمانی شبیه گرافیت ولی با بلورهای نامنظم است.

۲۶- محلول غلیظ  $HCl$  با محلول غلیظ آمونیاک دود سفید  $NH_4Cl$  تشکیل می دهد.

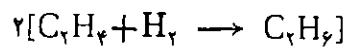
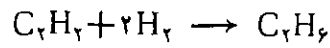
۲۷- اتیل متیل هگزان جمعا ۹ اتم کربن دارد و چون يك آلکان است پس فرمول مولکولی آن  $C_9H_{20}$  است.

۲۸- در صورتیکه ایزومری ساختمانی مورد نظر باشد گزینه (۳)

۳۳- در عمل ولکانیزاسیون، کائوچو را با گوگرد گرما می دهند تا خاصیت کشسانی آن افزایش یابد.

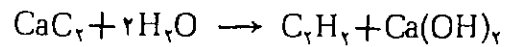
در عمل ولکانیزاسیون، گوگرد در محل پیوندهای دوگانه رشته‌های کائوچو را به یکدیگر پیوند می دهد.

۳۴- از هیدروژناسیون يك مول استیلن يك مول اتان و از هیدروژناسیون ۲ مول اتیلن بر طبق واکنش‌های زیر ۲ مول اتان تشکیل می شود:



پس مخلوط گازی حاصل جمعاً شامل ۳ مول گاز می باشد باید توجه داشت که نیدروژن تماماً مصرف می شود.

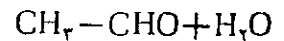
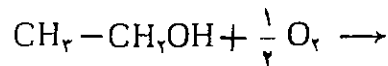
۳۵-



۱ مول ۶۴ گرم

$$\frac{3}{2} x = 105$$

۳۶-



۱ مول ۴۴ گرم

$$2 x = 88 g$$

۳۷- ۰/۱ مول کلسیم برابر ۴ گرم و ۰/۲ اتم گرم نئون نیز برابر ۴ گرم است در حالیکه عده اتمهای ۰/۲ اتم گرم (مول) نئون دو برابر تعداد اتمهای ۰/۱ مول کلسیم است.

۳۸-

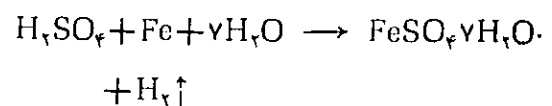
$$N = \frac{C}{E} = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

سود

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 10 = 1 \times V_2$$

$$\rightarrow V_2 = 5 \text{ میلی لیتر}$$

۳۹-

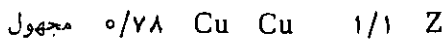


نمک متبلور ۲۷۸g ۵۶g آهن

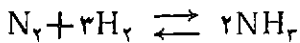
$$28 x = 139g$$

۴۰-

$$\varepsilon^\circ = 1/1 - 0/78 = 0/42$$

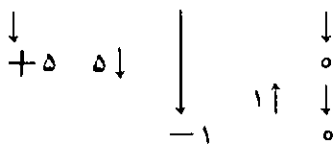
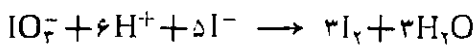


۴۱- با توجه به واکنش:

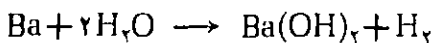


می توان دانست که از واکنش ۲ حجم گاز  $N_2$  با ۶ حجم گاز  $H_2$ ، ۴ حجم گاز آمونیاک تشکیل می شود.

۴۲-



۴۳- باریم با آب سرد نیز واکنش می دهد و ماده حاصل با اسید سولفوریک رسوب سولفات باریم تولید می کند.



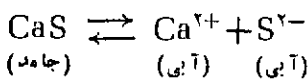
۴۴-

تعداد مولهای مصرف شده

$$0/05 - 0/025 = 0/025$$

$$\text{مول در ثانیه} = \frac{0/025}{25} = \frac{1}{1000} = 10^{-3}$$

۴۵-



$$[Ca^{2+}][S^{2-}] = K_{sp}$$

چون  $[Ca^{2+}] = [S^{2-}]$  پس

$$6 \times 10^{-15} \times 6 \times 10^{-15} = x \times 10^{-29}$$

$$x = 3/6$$

تحقیقات و برنامه ریزی در سالن شهید رجائی، سخنرانی ایراد می شود.

## اخبار

### نخستین سمینار شیمی تجزیه ایران برگزار شد

نخستین سمینار شیمی تجزیه ایران در ۳۱ خرداد و اول تیر ماه ۶۸ توسط انجمن شیمی و مهندسی شیمی ایران با حضور ۳۰۰ شرکت کننده (۴۰٪ از صنعت ۶۰٪ از دانشگاهها) در دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی شریف برگزار شد.

در نخستین روز ابتدا آقای دکتر نجفی عضو هیأت اجرایی برگزار کننده سمینار پس از بیان مقدمه ای کوتاه هدفهای سمینار را به شرح زیر ارائه کردند:

- ۱- بررسی برنامه آموزشی شیمی تجزیه
- ۲- نحوه تدریس و مشکلات آن
- ۳- تجهیز آزمایشگاهها و استفاده از وسایل سمعی و بصری در امر آموزش
- ۴- مسائل صنعت و همکاری صنعت و دانشگاه
- ۵- لزوم یکدست سازی اصطلاحات فارسی شیمی تجزیه با همکاری مرکز نشر دانشگاهی.

● دوره بازآموزی درس شیمی برای معلمان رشته های بهداشت (کودکباری و بهداشت محیط) به مدت ۱۲ روز (۹۶ ساعت) در دانشگاه تربیت معلم از تاریخ ۶۸/۵/۲۳ تا ۶۸/۶/۵ تشکیل شد و ضمن آموزش نظری و نیز انجام آزمایشهای مربوط، به پرسشهای معلمان توسط اساتید پاسخ داده شد. برخی اساتید، از گروه شیمی این دفتر بودند و برنامه ریزی در دفتر تحقیقات انجام گرفت.

● به منظور ارتقاء دانش معلمان شیمی و آشنایی با روش تدریس شیمی، به یاری پروردگار مطابق برنامه زیر در دفتر

### جلسات سخنرانی گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه ریزی درسی در

آذر، دی ماه و بهمن ۱۳۶۸

شماره سخنرانیها	تاریخ	موضوع	نام سخنران
۴۰	۶۸/۹/۲۵	آنتالپی واکنشها	آقای حسام امینی
۴۱	۶۸/۹/۲۶	نگرشی بر آموزش شیمی	دکتر آقائی
۴۲	۶۸/۱۰/۵	مروری بر نامگذاری ترکیبهای معدنی	دکتر ملاردی
۴۳	۶۸/۱۰/۹	چگونگی انجام واکنشهای شیمیایی از دید مولکولی	دکتر آقائی
۴۴	۶۸/۱۰/۱۲	مکانیسم واکنشهای رادیکالی	آقای امینی
۴۵	۶۸/۱۰/۱۹	پلهای سوختی	دکتر آقائی
۴۶	۶۸/۱۰/۲۲	مروری بر خواص بنیادی اتم	دکتر ملاردی
۴۷	۶۸/۱۰/۲۵	اصول صنایع پتروشیمی و نظری به صنایع پتروشیمی ایران	دکتر اسلامی
۴۸	۶۸/۱۰/۲۶	مروری بر خواص بنیادی اتم	دکتر ملاردی
۴۹	۶۸/۱۱/۷	اسید و باز	آقای امینی

این مقاله به کتابهای شیمی سال چهارم علوم تجربی و ریاضی فیزیک و کتاب شیمی دبیرستان حرفه‌ای رشته بهداشت مربوط است.

نکند دانا مستی نخورد عاقل می

نهد مرد خردمند سوی پستی پی

سنایی

## مسمومیت با الکل و

## زیانهای ناشی از

## مصرف آن

ترجمه و تدوین:

دکتر محمدحسین عزیزی

کشنده خواهد بود در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی لیتر است، به شرطی که این مقدار در کمتر از یکساعت مصرف شود. میزان الکل در خون را بر حسب میلی گرم یا گرم در دسی لیتر خون بیان می کنند.

### جذب و دفع اتانول

اتانول از مخاط دهان و مری (به مقدار خیلی کم) و از مخاط معده و روده بزرگ (به مقدار متوسط) جذب می شود اما محل عمده جذب آن قسمت ابتدا بی روده باریک است. سرعت جذب آن با تخلیه سریع معده و نبودن پروتئینها، چربیها و قندها (که با جذب اتانول تداخل می کنند) افزایش می یابد. در صورت پایین بودن غلظت اتانول در خون، ۲٪ آن مستقیماً از ریهها، ادرار یا عرق دفع می شود در غلظتهای بالاتر، ۱۰٪ آن از راههای مزبور خارج می شود.

مشکلات جسمی و روانی ناشی از مصرف الکل بسیار زیاد و پیچیده است. اگر چه مسمومیت را بودن الکل از حدود پنجاهار سال پیش تاکنون شناخته شده است اما با این همه آمار نشان می دهد، که در چند دهه گذشته مصرف سرانه الکل در بسیاری از کشورها افزایش یافته است که بی شک مشکلات بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی فراوانی نیز ایجاد کرده است. در واقع مشکلات ناشی از مصرف الکل بیش از حدی است که گمان می رود.

### ویژگیها و کاربردهای اتانول ( $C_2H_5OH$ )

اتانول مایعی بی رنگ و اشتعال پذیر است. در  $78^{\circ}C$  می جوشد، فشار بخار آن در  $20^{\circ}C$ ، ۴۴ میلی متر جیوه است. اتانول نه تنها در نوشیدنی های الکلی وجود دارد بلکه از اجزاء مهم در مواد آرایشی، ادکلن، تقویت کننده های مو، گندزداها، دهان شویهها و شربت های ضد سرفه به شمار می رود. در صنعت به طور گسترده از آن به عنوان حلال\* استفاده می شود. برای بسیاری از مقاصد تجارتي اتانول را تقليب\* می کنند.

### میزان کشندگی اتانول:

آن مقدار از اتانول خالص که در يك فرد بالغ معمولی



## متابولیسم (سوخت و ساز) اتانول

قسمت اعظم اتانول در کبد به «استالدئید» متابولیزه می‌شود. برای این تبدیل دو روش وجود دارد: نخستین و مهم‌ترین روش تبدیل، توسط آنزیم الکل دی هیدروژناز (ADH) در قسمت محلول سیتوپلاسم (سیتوسول\*) یاخته رخ می‌دهد.

این واکنش استالدئید ایجاد می‌کند. سپس استالدئید به سرعت توسط آنزیم دیگری به نام آلدئید دی هیدروژناز (ALDH) در سیتوسول و میتوکندری\* یاخته‌ها تخریب می‌شود. این مراحل به یک عامل کمکی\*\* به نام «نیکوتین آمید دی نوکلئوتید» (NAD) نیازمند است. افزایش میزان احیا شده این عامل کمکی (یعنی NADH) نسبت به NAD، مسئول بسیاری از اختلالات متابولیسم پس از مصرف الکل است.

دوم از راه میکروزوم‌های شبکه اندوپلاسمی صاف\*\*\*\* (سیستم میکروزومی اکسیدکننده اتانول یا MEOS)؛ که در غلظت‌های زیاد اتانول در خون مسوول اکسیداسیون ۱۰ درصد اتانول یا مقدار بیشتری از آن است. فعالیت این سیستم را می‌توان با قرار دادن مکرر آن در معرض اتانول افزود و این

امر نشان می‌دهد که چرا افراد معتاد نسبت به اتانول از تحمل\* بیشتری برخوردارند.

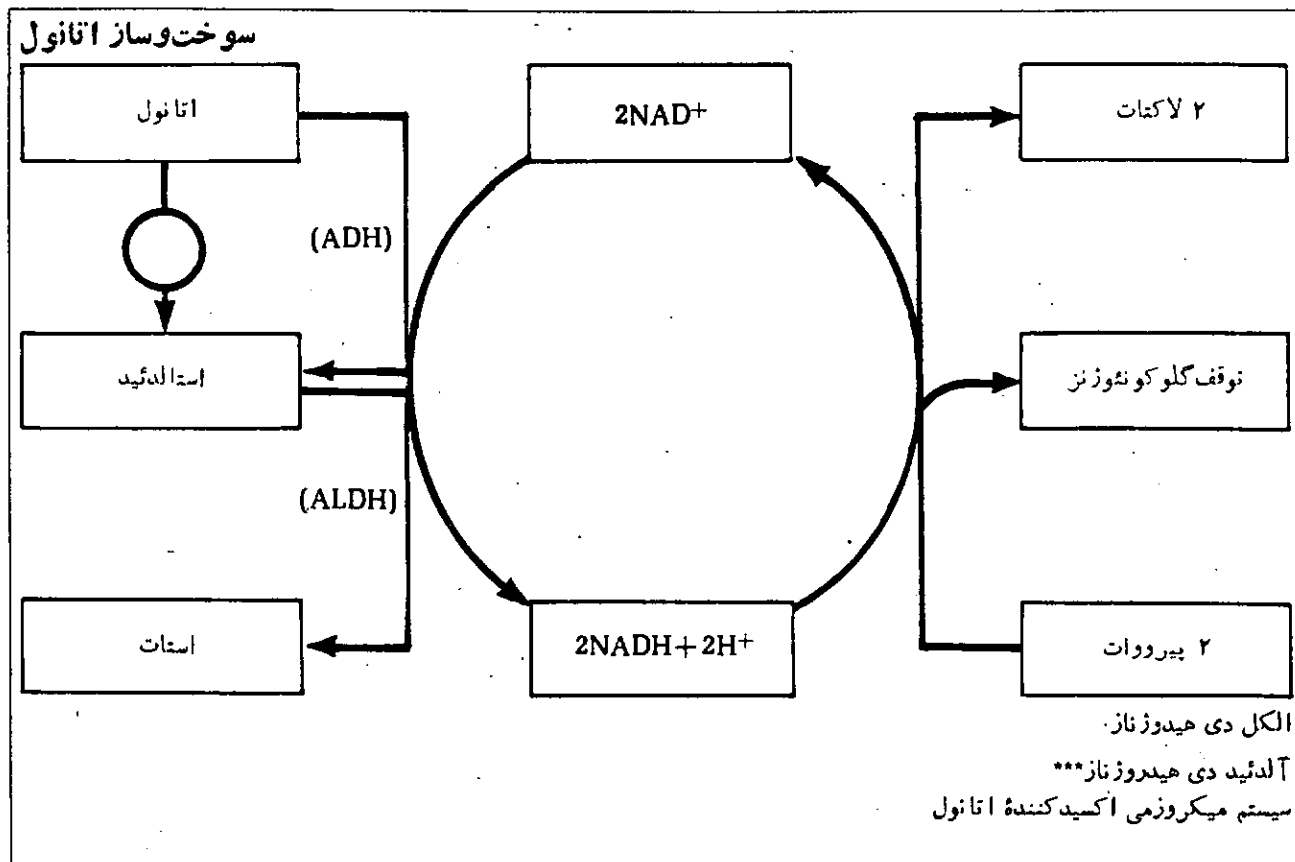
هر دو راه بالا، بد تولید استالدئید منجر می‌شود. استالدئید نیز به «استات»\*\* اکسیده می‌شود. نمودار زیر خلاصه متابولیسم (سوخت و ساز) اتانول را نشان می‌دهد:

سوخت و ساز اتانول نتایج زیر را می‌تواند ایجاد کند:

- ۱- تجمع NADH آزاد که به افزایش نسبت NADH به  $NAD^+$  و وقفه گلوکونئوزنز در کبد منجر می‌شود.
- ۲- افزایش نسبت لاکتات به پیرووات که سبب افزایش لاکتات در خون می‌شود. سوخت و ساز اتانول در صورت غلظت‌های زیاد آن در خون (بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم/لیتر) با سینتیک درجه صفر\* تعیین می‌شود، (یعنی میزان دفع علیرغم غلظت ثابت می‌ماند). لذا می‌توان انتظار داشت که غلظت اتانول با سرعت ثابتی کاهش یابد. (۶۰-۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ساعت، و معمولاً ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر در ساعت).

## اثرات اتانول بر تغذیه:

اگر چه هر گرم اتانول در حدود ۷/۱ کیلوکالری انرژی



برهم خوردن تعادل اسید و بازخون، ممکن است سطح پتاسیم، منیزیم، کلسیم، روی و فسفر در خون کاهش یابد، که هر یک به نوبه خود مشکلاتی ایجاد می‌کند. پس از صرف اتانول در حالت گرسنگی، احتمال ایجاد کاهش قند خون ظرف ۶ تا ۳۶ ساعت بعد وجود دارد که به علت اثرات اتانول بر روند گلوکونئوز\* در کبد است. کتواسیدوز\*\* در اثر الکل، احتمالاً به علت کاهش اکسیداسیون (اکسایش) اسید چرب است که در صورت تغذیه نامناسب و استفراغ مکرر بدتر می‌شود.

### چرا اتانول مسمومیت زاست؟

اتانول یک مولکول کوچک آب دوست است که پس از جذب، بر حسب میزان آب بافتها در آنها منتشر می‌شود. اتانول به سادگی از غشاء بافتها می‌گذرد، و به سرعت بین خون و بافتها به تعادل می‌رسد. گفته شد که بیشتر اتانول (در حدود ۹۵٪) در کبد متابولیزه شده و استالدهید ایجاد می‌کند. اگر چه اهمیت بالینی استالدهید ناشناخته است، اما جمع شدن آن در کبد، مغز یا سایر بافت‌های بدن می‌تواند آسیب‌رسان باشد. جدول شماره ۱ خلاصه‌ای از ویژگی‌های اتانول را که سبب مسمومیت زایی آن می‌شود، نشان می‌دهد.

### مسمومیت با اتانول

مسمومیت با اتانول بر دو نوع است: حاد و مزمن.

#### الف) مسمومیت حاد:

اگر چه تضعیف دستگاه عصبی مرکزی و تحریک معده از عمده‌ترین نشانه‌های مسمومیت حاد با اتانول است اما اختلالهای دیگری از جمله ناهماهنگی در ماهیچه‌های بدن\*، اختلال تکلم، حالت گیجی، اختلال بینایی، کاهش دمای بدن، افت فشار خون به همراه تغییر وضعیت بدن؛ تهوع و استفراغ نیز دیده می‌شود؛ که ممکن است به اغماء و مرگ (در اثر کند شدن تنفس) منجر شود. اثرات تضعیف‌کننده اتانول بر دستگاه عصبی مرکزی به طور مستقیم با غلظت آن در خون متناسب است (اگر چه مکانیزمهای دقیق آن به درستی شناخته نشده است). جدول ۲ اثرات اتانول را بر روی دستگاه عصبی مرکزی نشان می‌دهد.

#### ب) مسمومیت مزمن:

در اثر اعتیاد مزمن به اتانول، کمبود تیامین\*\* (ویتامین B<sub>۱</sub>) ایجاد

ایجاد می‌کند، اما این کالری‌ها از مواد غذایی مانند نمکهای معدنی، پروتئین‌ها و ویتامین‌ها تهی است به اصطلاح می‌گویند ارزش غذایی ندارد. هر ویتامینی که از روده کوچک به طریق انتقال فعال جذب می‌شود یا در کبد ذخیره می‌شود، می‌تواند در افراد الکلی دچار کمبود شود. اینها عبارتند از اسید فولیک، پیریدوکسین (ویتامین B<sub>۶</sub>)، تیامین (ویتامین B<sub>۱</sub>)، اسید نیکوتینیک یا نیاسین (ویتامین B<sub>۳</sub>) و ویتامین A. در حین مصرف زیاد الکل یا در هنگام ترک آن، به علت کمبود غذایی

### جدول ۱

#### «ویژگی‌های اتانول مرتبط با مسمومیت زایی آن»

- کوچک بودن مولکول و خواص تجزیه‌ای ضعیف.
  - آزادانه در آب و چربی حل می‌شود، لذا به سرعت از بخش فوقانی دستگاه گوارش جذب و در بدن توزیع می‌شود.
  - در بافت‌های مختلف (از جمله در روده و ماهیچه) با سرعت قابل پیش‌بینی دچار سوخت‌وساز می‌شود، اما عمدتاً در کبد این عمل انجام می‌گردد.
  - مقدار اندکی از آن بدون تغییر از ادرار و تنفس دفع می‌شود.
  - مکانیسمی برای ذخیره آن وجود ندارد.
  - در سوخت‌وساز آن کنترل فیدبک\* موجود نیست.
  - سوخت‌وسازی آن انرژی ایجاد می‌کند (۷ کیلوکالری به ازاء هر گرم)، اما این کالری‌ها از نظر غذایی بی‌محتوا هستند.
  - استالدهید که نخستین متابولیت\*\* اتانول است، مولکولی به شدت فعال می‌باشد و در آسیب‌رساندن به غشاء و اندامک‌های سیتوپلاسمی\*\*\* یاخته از خود گرایش بارزی را نشان می‌دهد.
- 
- \* Feed Back Control. کنترل فیدبک یا مهار پس خورد.
- \*\* متابولیت به معنی ماده واسطه‌ای در سوخت‌وساز است. م.
- \*\*\* در بخش اصلی یاخته عبارتست از هسته و سیتوپلاسم. سیتوپلاسم از ذرات منتشر ریز و درشت و اندامک‌ها یا ارگانل‌هایی به قطر چند آنکستروم تا سه میکرون پر شده است. چهار اندامک مهم در سیتوپلاسم یاخته عبارتند از شبکه اندوپلاسمی، دستگاه گلژی، میتوکندری و لیزوزومها. م.

## جدول ۳

### مسمومیت مزمن اتانول

#### روانی - عصبی:

- الکلیسم حاد: مسمومیت، بیقراری، اغماء
- ترك الكل : حالت توهم، تشنج، هذیان الکلی
- تغذیه‌ای : سندروم ورنیکه - کورساکوف، پلاگر\*

#### گوارش:

- التهاب حاد و مزمن معده
- بدی جذب
- بیماری تشمع کبد (سیروز)
- التهاب حاد و مزمن لوزالمعده

#### خون:

- کم خونی (به علت خونریزی حاد مزمن)
- کم خونی (به علت شکسته شدن گویچه‌های قرمز خون)
- تغییر در مغز استخوان به همراه کم خونی
- تغییر در گویچه‌های قرمز خون
- کاهش تعداد پلاکتها (از عوامل انعقاد خون)
- اختلال در حرکت گویچه‌های سفید خون

#### عصبی - ماهیچه‌ای:

- التهاب اعصاب محیطی
- التهاب حاد و مزمن ماهیچه در اثر الکلی

#### قلب و عروق:

- التهاب ماهیچه قلبی در اثر الکلی

#### سوخت‌ساز:

- اسید خونی در اثر اسید لاکتیک
- کاهش کلسیم، منیزیم، اسید اوریک خون
- افزایش چربی خون

#### تنفس:

- مکیده شدن مواد به داخل شش (آسپیراسیون)
- حجم شش‌ها، مقاومت راه هوایی، تبادل گازها همگی به طور نامطلوب تأثیر می‌پذیرند.

\* Pellagra بیماری پلاگر در اثر کمبود اسید نیکوتینیک ایجاد می‌شود. علائم آن عبارتند از: التهاب زبان، پوست، اعصاب محیطی. ۴.

می‌شود که می‌تواند به بیماری مغزی به نام ورنیکه\*\*\* و یا حالت جنون به نام کورساکوف\*\*\*\* منجر شود.

به طوری که جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، بسیاری از اعضای دیگر بدن نیز به آثار زیان بار اتانول حساس‌اند. همچنین سایر موادی که در نوشیدنی‌های الکلی یافت می‌شوند، می‌توانند به بدن آسیب برسانند. اینها عبارتند از الکلی‌هایی که جرم مولکولی آنها پایین است (مانند متانول\* و بوتانول)، آلدئیدها، استرها، هیستامین‌ها، فنول‌ها و غیره.

## جدول ۲

### اثرات اتانول بر دستگاه عصبی مرکزی\*

غلظت اتانول در خون (میلی‌گرم در لیتر)	اثرات
< ۵۰۰	پر حرفی، احساس ذهنی سرخوشی
۵۰۰ - ۱۰۰۰	مستی: کندی کلام، ناپایداری روانی، ناهماهنگی، از دست دادن ادراک حسی
۱۰۰۰ - ۳۰۰۰	مسمومیت: تیرگی دید، از دست دادن ادراک حسی، ناهماهنگی ماهیچه‌ای آتاکسی؛ کاهش و کندی پاسخ‌ها، کندی کلام
۳۰۰۰ - ۵۰۰۰	مسمومیت شدید: آتاکسی شدید، تیرگی دید یا دو بینی، اغماء، تشنج
> ۵۰۰۰	مسمومیت بسیار شدید: اغماء، افزایش بازتاب‌ها (رفلکس‌ها) کاهش دمای بدن، کندی تنفس

#### توضیح

\* افراد معتاد به الکلی ممکن است حتی با داشتن غلظت بالای اتانول در خسون علائم ممدودی داشته باشند، در حالی که افراد جوانی که قبلاً الکلی مصرف نکرده باشند در غلظت خونی اتانول بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ممکن است دچار حالت بیهوشی شوند.

## رابطه مصرف الکل و بروز سرطان

نامناسب شود. ۴.

•• قسمت در میلیون یا PPM = Part Per million

• سیتوسول (Cytosol) بخش مایع سیتوپلاسم یاخته که ذراتی در آن پراکنده اند. ۴.

• میتوکندری، از اجزاء مهم سلول که قسمت عمده انرژی مورد نیاز یاخته را از مواد غذایی استخراج می کند. میتوکندری در حقیقت نیروگاه سلول است. ۴.

•• CO Factor، یک مولکول کوچک آلی یا معدنی که برای فعالیت یک آنزیم لازم است. ۴.

••• NAD جزو نوکلئوتیدهای پیریدینی است. NAD به عنوان کوآنزیم در تعداد زیادی از واکنشهای اکسیداسیون و احیا شرکت می کند. این کوآنزیم در واکنشهای آنزیمی که طی آنها اتم هیدروژن از مولکول سوپسترا جدا می شود، به عنوان پذیرنده الکترون عمل می کند. که سبب تشکیل کوآنزیم احیا شده (NADH) می شود. ۴.

• (Tolerance) به معنی قدرت یک دارو یا سم، به ویژه هنگامی که در اثر مصرف ممتد آن به وجود آمده باشد. ۴.

•• استات، نمک یا استر اسید استیک.

••• دی هیدروژن نازها آنزیم هایی هستند که برداشت هیدروژن را کاتالیز می کنند.

•••• شبکه اندوپلاسمیک در سیتوپلاسم یاخته قرار دارد که علاوه بر هدایت مواد تشکیل شده در قسمت های مختلف یاخته در سایر قسمت ها، با داشتن سیستم های متعدد آنزیمی بخش عمده ای از اعمال سوخت و سازی یاخته را تأمین می کند. بخشی از این شبکه که فاقد ریبوزوم است به شبکه اندوپلاسمی صاف موسوم است. میکروزوم به معنی وزیکول هایی است که در اثر تکه شدن این شبکه ایجاد می شود.

• Zero Order Kinetics

• گلوکونوزوز، به معنی تولید مواد قندی از مواد غیر قندی توسط کبد است. ۴.

•• کتواسیدوز، به معنی افزایش حالت اسیدی خون به همراه ازدیاد اجسام ستونی است. ۴.

• Ataxia

•• Thiamine، تیامین با سوخت و ساز کربوهیدراتها مربوط است. ۴.

•• Wernicke Encephalopathy

••• Wernicke Encephalopathy

•••• Korsakoff's Psychosis (سرگی کورساکوف، عصب شناس روسی ۱۹۰۰-۱۸۵۴).

• لازم به تذکر است که مصرف متانول یا الکل متیلیک (CH<sub>3</sub>OH)

پس از بیماریهای قلبی عروقی، سرطان دومین عامل مرگ و میر در بین افراد الکلی است.

میزان وقوع سرطان در افراد الکلی ۱۰ بار از افراد غیر الکلی بیشتر است. محل هایی که بیش از حد انتظار در افراد الکلی دچار سرطان می شوند عبارتند از: سر و گردن، مری، معده، کبد و لوزالمعده.

## مضرات مصرف الکل در دوران بارداری

مصرف الکل در دوران بارداری خطر سقط جنین را می افزاید.

همچنین مصرف الکل در زمان بارداری می تواند آسیب های جبران ناپذیری در جنین ایجاد کند. عوارض عمده الکل بر روی جنین عبارتند از:

کمی وزن و کوچک بودن نوزاد، تأخیر رشد روانی، و بروز ناهنجاریهای مادرزادی در جمجمه، صورت و اندامها، که به «نشانهگان جنینی الکل\*» موسوم است.

### نتیجه:

اتانول یک سم زیان آور است که می تواند مسمومیت حاد و مزمن ایجاد کند.

عوارض مسمومیت با اتانول به صورت بیماریهای مختلف جسمی و روانی نمودار می شود.

مصرف الکل به طور مزمن خطر سوء تغذیه، پیدایش بیماری خطرناک تشمع کبدی (سیروز\*\*) و سرطان را در پی دارد. مصرف الکل در بارداری می تواند جنین را مسموم کند. لذا باید از مصرف این سم جداً خودداری شود. قرآن کریم نیز با توجه به مضرات مشروبات الکلی، نوشیدن آنها را حرام کرده است (آیه ۲۱۹ سوره بقره و آیات ۹۰ و ۹۱ سوره مائده).

## پانوشعهها

• Solvent

• الکل تقلیبی (Denatured Alcohol): برای تقلیب اتانول یک ماده سمی بدان می افزایند تا برای مصرف انسان

## پوزش فراوان از خوانندگان

### و نویسنده‌گان ارجمند

● در شماره ۲۵ این مجله، مربوط به مقاله مندرج در صفحه ۹ چند اشتباه رخ داده است:

صفحه ۱۵: ستون ۱، سطر ۱۶: عبارت «شکل زیر» به «شکل صفحه قبل» تغییر کند.  
صفحه ۱۵: ستون ۱، زیر نویس شکل: «قسمتی تعداد» به «مشتی» تغییر کند.

صفحه ۱۵: ستون ۲، سطر ۷، «شکل زیر» به «شکل بالا» تغییر کند.

صفحه ۱۲: در ستون سوم مطالب اشتباهاً جا به جا شده بود که صحیح آن چنین است: آغاز این ستون از سطر ۱۴ (مواد را...) است و تا آخر ستون سوم (علامت X) مشخص کنید) ادامه دارد. به دنبال آن چهار شماره (۲، ۳ و ۴) بالای ستون می آید.

● صفحه ۳: ستون اول، به جای واژه اتیل، متیل درست است.

● در مقاله «شیوه‌ای ساده...» در آخرین سطر از ستون اول، حاصل این تفریق، در صفحه ۵۱ ستون اول،  $4 + 1 = 5$ ، N<sup>۴</sup>، درست است.

### همکاران محترم

پوزش فراوان در مورد لغزش چاپی کتاب شیمی سال چهارم علوم تجربی - ریاضی فیزیک (در صفحه ۶۳ پرسش ۲۲ گزینه ۲)  $\frac{1}{4}$ ، (در صفحه ۶۶ دو سطر مانده به آخر ۱۸۲۸ و در صفحه ۱۲۸ پرسش ۳۵ گزینه ۴) ۵ درست است.

نیز مسمومیت ایجاد می‌کند، که می‌تواند به اختلال در بینایی، و در حالت شدید به اغما و مرگ منجر شود. ۴.

سندروم جنینی الکل = Fetal Alcohol Syndrome ●●  
سیروزکیدی از عوارض عمده مصرف مزمن الکل است که با تغییرات استحالته‌ای و فیبروزکید همراه است، نخست کبد نارسا و سرانجام به مرگ منتهی می‌شود. ۴.

### منابع:

- 1- Androrcoli, Carpenter, Plum, Smith; Cecil Essentials of Medicine, P: 671: 1936.
- 2- Crain; Gershel; A. Clinical Manual of Emergency Pediatrics, P: 359, 1936.
- 3- Dries Bach; Hand Book of Poisoning, P: 185, 1983.
- 4- Krupp, Chatton, Wer De Geri; Current Medica Diagnosis & Treatment P: 1005, 1985.
- 5- Jenkin, Lnotcalozoi; Manual of Emergency Medicine P: 417, 1935.
- 6- Plant; Medicine International, No: 62: 2528, 1989.
- 7- Ritachie, Goodman & Gilman; Pharmacological Basis of Therapeutics P: 137, 1975.
- 8- Shuckit, Harrison's Principles of Intrnal Medicine, P: 2106, 1987.
- 9- Strangt, Medicine International 62: 2535: 1939.
- 10- Vale A; Medicine International 62: 2543, 1989.



## «روشی

## برای تدریس

## تعادلهای شیمیایی»

ترجمه : مرتضی خلخالی از مجله:  
Journal of Chemical Education August, 1988.

بلا (غلظت کم  $H^+$ )، غابه با غلظت کرومات است و در pH پایین (غلظت زیاد  $H^+$ )، چیرگی با یون دی کرومات است.

رابطه استوکیومتری برقرار شده میان این یونها در شرایط

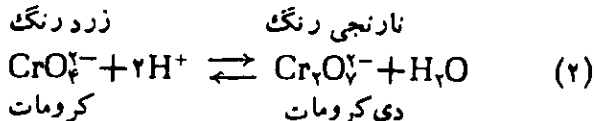
$$\frac{[Cr_2O_7^{2-}][H_2O]}{[CrO_4^{2-}]^2[H^+]^2} = K$$

تعادلی به قرار زیر است:

در این رابطه، کروشه نماینده غلظت مولار است. مقدار ثابت تعادل در  $25^\circ C$  برابر  $3 \times 10^{14}$  است. از آنجا که این مقدار در دمای ثابت تغییر نمی کند، هر گونه تغییری در غلظت یون به تغییر غلظت دو یون دیگر می انجامد - بدیهی است که در اینجا، غلظت آب را در ثابت K ادغام کرده ایم، زیرا آب هم به مقدار بسیار زیاد در محیط عمل وجود دارد و هم به میزان بسیار ناچیز تفکیک می شود.

ابزار و شیوه ای که برای ایجاد تصور بهتر و درک روشن تر این مفاهیم تعادلی لازم است، به صورت زیر پیشنهاد می شود: یک بشر نیم لیتری، چند شیشه محتوی کسرومات پتاسیم و دی کسرومات پتاسیم، ذر حدود ۲۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک تقریباً ۶ مولار و حدود ۲۰ میلی لیتر سود تقریباً ۶ مولار (اسید و باز نیمه رقیق).

ابتدا معادله شماره ۱ را به عنوان زمینه مورد تحقیق، روی تخته کلاس بنویسید. نام هر یک از مواد را در کنار فرمول بنویسید. شیشه محتوی مقدار زیاد کسرومات پتاسیم را به دانش آموزان نشان داده و توضیح دهید که رنگ زرد مربوط به یون کسرومات است. همین کار را برای دی کسرومات انجام دهید. سپس معادله شماره ۲ را با توضیحات کناره ای آن نشان دهید:

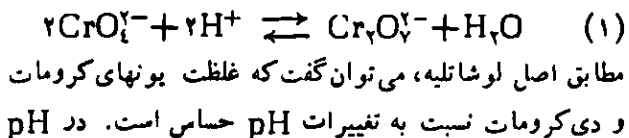


در یک بشر تا نیمه آب بریزید و روی صفحه پروژکتور قرار دهید. ۲۰ گرم (۱/۵ مول)  $K_2CrO_4$  بیفزایید. ۳۰ تا ۶۰ ثانیه تأمل کرده و از هم زدن خودداری کنید تا دانش آموزان فرصت مشاهده دقیق آغاز فرایند جالب حل شدن را داشته باشند. هنگامی که صدای «آه» و «آووه» آنان شنیده شد، مخلوط را هم بزنید، تا همه ماده حل شود.

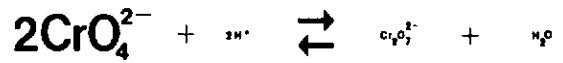
از دانش آموزان بخواهید که مشاهده خود را توصیف کرده و زرد رنگ شدن محلول را به زبان بیاورند. آنگاه آن را بر اساس معادله های گذشته تفسیر کنند.

گرچه برای فراهم کردن امکانات درک عمیق یک مفهوم علمی توسط دانش آموزان، می توان از انواع وسایل سمعی و بصری بهره گرفت ولی همیشه و در همه جا نمی توان به وسیله و ابزار مناسب دسترسی پیدا کرد. معلمان شیمی به مرور زمان و بر حسب تجربه، تلاش و «جرقه زدنهای» ناگهانی ذهن خود، راه و روشهایی را تدارک می بینند که به ایجاد تصور بهتر و تسهیل یادگیری فزونتر مفاهیم نزد دانش آموزان منجر می شود. شاید بتوان این گونه تجارب تدریس را «راهبردهایی برای ایجاد تصور و درک بهتر در شیمی» نام نهاد. بدیهی است که یک هدف مهم برای معلمان شیمی، معتقد کردن شاگردان خود به این اندیشه است که «شیمی علمی جالب، دلپذیر و منطقی است». این کار از طریق به کار بستن راه و روشهای ارائه مناسب که انگیزاننده باشند امکان پذیر است.

(تکنیک به کار رفته در اینجا استفاده از اندازه نسبی علامتها و فرمولهای شیمیایی در کلاس درس، برای فراهم آوردن برخی اطلاعات درباره سیستمهای تعادلی و رفتار آنها به هنگام تغییر غلظت مواد است. در اینجا مثال خود را در تعادل شیمیایی «یون کروم - یون دی کرومات» انتخاب می کنیم.)  
می توان محلول کسرومات پتاسیم را به صورت معادله زیر نمایش داد:



ممکن است برخی دانش آموزان به این نکته اشاره کنند که محلول دارای مولهای فراوان کرومات و یونهای اندک از دی کرومات است. شواهد دال بر ناپیچ بودن یونهای دی کرومات را از دانش آموزان پرسید و منتظر این پاسخ باشید که آب دارای مقدار بسیار اندک از یونهای تیروژن است. اکنون موقع ارائه شکل ۱ است.



شکل ۱- تعادل یون کرومات - دی کرومات قبل از افزایش اسید. اندازه حروف و فرمولها مستقیماً با مقدار ماده موجود متناسب است.

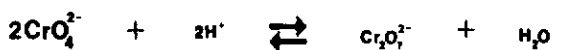
تجربه یادگیری جدیدی را فراهم کنید: از دانش آموزان بخواهید که با استفاده از شکل ۱ پیشگویی کنند که هرگاه اندکی اسید به محلول افزوده شود، چه نوع تغییر ناگهانی در تعادل انجام می گیرد؟ هنگامی که همه آنهاروی این پیشگویی توافق کنند که غلظت یونهای  $\text{H}^+$  افزایش پیدا می کند، شکل ۲ را نشان دهید.



شکل ۲- بی آمد فوری ریختن اندکی اسید هیدروکلریک بر سیستم. با افزایش مقدار یونهای  $\text{H}^+$ ، بر سرعت واکنش مستقیم افزوده می شود.

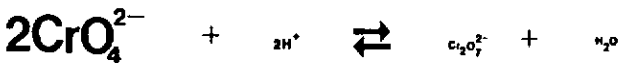
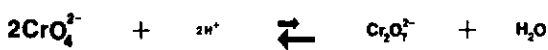
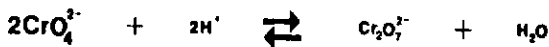
سعی کنید کنجکاوی دانش آموزان را در مورد معنی و مفهوم تفاوت در طول پیکانها، و اهمیت استفاده از پیکان باند را در این مرحله، برانگیزید (افزایش سرعت واکنش مستقیم)، همچنین علت این امر (افزایش فراوانی برخوردها).

حال ۲۵ سانتیمتر مکعب اسید هیدروکلریک را به تدریج بیفزایید و از دانش آموزان بخواهید که مشاهده های خود را توصیف و سپس تفسیر کنند. در اینجا بجاست که به توقف پدیده تغییر رنگ اشاره شود که نشانه ای از برگشت به تعادل جدید است که متعاقب برهم خوردن تعادل قبلی پیش آمده است. در این برهه، بسیاری از دانش آموزان نمایش شکل ۳ را پیش بینی خواهند کرد. بنابراین، این شکل را ارائه دهید:



شکل ۳- تعادل مجدداً برقرار شد - برخی یونهای  $\text{CrO}_4^{2-}$  به یونهای  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  تبدیل شد.

به منظور فراهم کردن فرصتی برای خودآزمایی، از دانش آموزان بخواهید که موقعیتی را در نظر بگیرید که در آن، شخصی آزمایش را با محلول دی کرومات پتاسیم شروع می کند. آنان باید پیش بینی های خود را برای دگرگونی های حاصل از افزایش تدریجی محلول سود ۶ مولار، مانند مراحل گذشته و از طریق ترسیم شکل، ارائه دهند، و هر مرحله را تفسیر کنند. اثر افزایش محلول تیروکسید سدیم بر غلظت یونهای تیروژن را قبل از اجرای آزمایش توضیح دهید (به شکل شماره ۴ رجوع کنید).



شکل ۴- خلاصه اثر افزایش محلول يك مولار سود بر مخلوط قبلی ارائه شده در شکل ۳.

الف - قبل از افزایش یونهای  $\text{OH}^-$ .

ب - اثر آنی حاصل از افزایش محلول سود.

ج - برقراری تعادل مجدد.

این شیوه تصویری در استفاده از علامتهای شیمیایی اثر مطلوبی در تسهیل یادگیری تعدادی مفاهیم شیمیایی دارد. به طوریکه آنها را روشن، جالب و احتمالاً قابل یاد داری (نگهداری در ذهن) مطرح می کند. در عین حال این گونه نمایش وسیله ای برای توضیح اصل لوشاتلیه و بیان روابط استوکیومتری ملهم از معادله های شیمیایی است.

۱- نویسنده اصلی مقاله، انجام این آزمایش را روی پروژکتور آورد توصیه کرده، تا تصویر بزرگ و روشن واکنشها روی پرده آویخته به دیوار کلاس بیفتد. از آنجا که این وسیله ساده و ارزان قیمت متأسفانه در کلاسهای معمول ایران به کار نمی رود، به ناچار از آن صرف نظر کرده و آزمایش نمایشی را به شیوه متعارف، در دو بش بزرگ قابل رؤیت به توسط همه دانش آموزان کلاس، انجام می دهیم. (مترجم).

۲- این شکل شامل معادله با حروفی به ابعاد مختلف بوده که قبلاً تهیه شده است. به جای نوشتن روی طلق شفاف پروژکتور، می توان آن را روی يك تکه مقوا نوشت و در زمان مناسب ارائه داد. یا اینکه مستقیماً آن را روی تخته کلاس نوشت.

این مقاله به کتابهای شیمی سال سوم علوم تجربی و ریاضی فیزیک مربوط است.

تأثیر ناپذیر شدن این مفاهیم در تقلیل یادگیری دانش - آموزان بی شک تابع عوامل مختلفی است که دست کم برنامه آموزشی و کتابهای درسی مورد استفاده در کلاس از آن جمله اند. به نظر می رسد که توضیح و تشریح مکرر موضوعاتی از قبیل اتمها و واحدهای جرم (واحدهای جرم اتمی و گرم)، اتمها و مولها، ترکیبات و مولها، فرمولها و معادله نویسی، قوانین نسبتهای ثابت و نسبتهای چندتایی در مورد دانش آموزان من کاملاً مؤثر و سودمند بوده است.

بهر حال این طور دریافته ام که (مسأله مشکل بودن و ناآشنایی ماهیت استوکیومتری (محاسبه وزنی در شیمی) برای دانش آموزانم، ناشی از نادیده گرفتن دو نکته مهم می باشد: یکی روش محاسبه مفهومی برای خود فرآیند و دیگری جنبه های ریاضی وابسته به تحلیل ابعادی یا تکنیک طبقه بندی فاکتور). با این پیش درآمد، هدف این مقاله معرفی و بیان روش گام به گامی است که من برای تدریس «استوکیومتری» بسط داده ام و دست کم آن را برای هشت سال به کار برده ام.

پیش از پرداختن به این روش گام به گام بهتر است که اصطلاح استوکیومتری را از نظر واژه شناسی بررسی کنیم. هنگامی که با هر کلمه یا مفهوم طولانی یا ناشناخته برخورد می شود، دانش آموزان بایستی یاد بگیرند که اصطلاح مذکور را از جزء به کل و از شناخته به ناشناخته مورد بررسی قرار دهند. بیشتر دانش آموزان به آسانی درمی یابند که کلمه استوکیومتری از دو جزء «استوکیو» و «متری» تشکیل شده است. این دانش آموزان با سابقه ذهنی که در باره سیستم متری دارند فوراً می برند که جزء «متری» در کلمه استوکیومتری به عمل یا روش اندازه گیری مربوط می باشد. یک دانش آموز یونانی تبار ممکن است اظهار کند که استوکیو از کلمه یونانی «Stoicheion» که به معنای «عنصر» یا «اولین عنصر» است، گرفته شده است.

### نخستین راه یابی، الگوی مفهومی

با در نظر گرفتن این حقیقت که در استوکیومتری به مطالعه روابط کمی میان عناصر و ترکیبات یا میان واکنش دهنده ها و محصولات یا میان مقادیر معلومی از واکنش دهنده ها که مقادیر مجهولی از محصولات را می دهند، پرداخته می شود، می توان

# تدریس محاسبه جرمی

(Teaching Stoichiometry)

## «راه یابی دوجانبه»

نوشته : Richard L. Poole

ترجمه : عدرا جوان، معلم شیمی دبیرستانهای سمنان  
از مجله : شماره (۱) زانویه ۱۹۸۹ Chemical Education

در سالهای اخیر نه تنها دشواری تدریس محاسبات وزنی (استوکیومتری) در شیمی برای دانش آموزانی که یادگیری شیمی را آغاز می کنند، بر ما روشن شده است، بلکه دلایلی چند نیز مبنی بر دشواری تدریس استوکیومتری در کاراست. این دلایل عبارتند از:

- (۱) مشکل بودن و ناآشنایی اصطلاح استوکیومتری (محاسبه وزنی) برای دانش آموزان.
- (۲) استفاده از معادلات شیمیایی نامأنوس.
- (۳) به کار بردن اصطلاح مول.
- (۴) استفاده از واحدهای جرمی ناآشنا.
- (۵) استفاده از روشهای محاسبه ای بسیار خلاصه و ساده شده.



دریافت که یک تعریف بنیادی از اصطلاح استوکیومتری عبارت از آن است که از روی مقدار معلوم (K) مقدار مجهولی (uK) را تعیین یا محاسبه می‌نمایند\*. هرگاه تعیین یا محاسبه کردن را با یک پیکان به صورت  $\rightarrow$  نشان دهیم، در آن صورت بیان یا تعریف عمومی و بنیادی اصطلاح استوکیومتری چنین خواهد شد:

$$K \rightarrow uK \quad (1)$$

یعنی:

مقدار مجهول  $\rightarrow$  مقدار معلوم

یک الگوی مفید و ویژه برای حل یک مسأله استوکیومتری مربوط به جرم عبارت است از:

$$\text{mass } K \rightarrow \text{moles } K \quad (2)$$

$$\rightarrow \text{moles } uK \rightarrow \text{mass } uK$$

و یا:

مولهای معلوم  $\rightarrow$  جرم معلوم

جرم مجهول  $\rightarrow$  مولهای مجهول

به عبارت دیگر:

$$\text{grams } K \rightarrow \text{moles } K \quad (3)$$

$$\rightarrow \text{moles } uK \rightarrow \text{grams } uK$$

و یا:

مولهای معلوم  $\rightarrow$  مقدار جرم معلوم

مولهای مجهول  $\rightarrow$

مقدار جرم مجهول  $\rightarrow$

طبیعت و منابع اطلاعاتی مربوط به هر یک از این فاکتورها به شرح زیر است:

### فاکتور ۱: مقدار جرم معلوم:

در صورت مسأله داده می‌شود و از ویژگی عامل معلوم یا جسم معلوم است، لازم است به دانش آموزان تفهیم شود که این جسم معلوم ممکن است یک واکنش دهنده یا یک محصول باشد. دبیران نه تنها بایستی مثالهایی از هر دو نوع را ارائه دهند بلکه بایستی به خوبی توضیح دهند که جهت الگوی استوکیومتری کاملاً مستقل از جهت معادله شیمیایی نوشته شده است.

### فاکتور ۲: مولهای معلوم:

مقدار جسم معلوم را به جرم فرمول گرم آن تقسیم کنید، تا به مول تبدیل شود.

برای این کار می‌توانید مقدار جسم معلوم را در یک فاکتور تبدیل مناسب نیز ضرب کنید. منبع یا معلومات لازم برای انجام این مرحله از محاسبه همان وزن فرمول گرم جسم معلوم است. محاسبه این فاکتور و فاکتور ۴ معمولاً برای دانش آموزان با دشواری چندانی همراه نیست، زیرا آنها پیش از این روش تبدیل گرم به مول و عکس آن را فرا گرفته‌اند.

### فاکتور ۳: مولهای مجهول:

نسبت مولی جسم مجهول به جسم معلوم از روی ضرایب نوشته شده در معادله فرمولی موازنه شده معین می‌شود و به کمک آن عدد مولهای جسم مجهول محاسبه می‌گردد. در این گام چیزی که به عنوان پیش نیاز به حساب می‌آید همانا توانایی لازم در «خواندن» معادلات فرمولی موازنه شده است، از همین رو دبیران شیمی بایستی دانش آموزان را در اثنای فعالیت‌های مربوط به نوشتن معادلات شیمیایی و ادار سازند که آن معادلات را به طور کمی بر حسب مول بیان کنند.

### فاکتورها و اطلاعات محاسبه‌ای

۱	۲	۳	۴
مقدار جرم معلوم $\rightarrow$ فاکتور بیان	مولهای معلوم $\rightarrow$	مولهای مجهول $\rightarrow$	مقدار جرم مجهول $\rightarrow$
منبع داده‌ها	جرم فرمول گرم	معادله فرمولی موازنه شده	جرم فرمول گرم
	در مسأله		

همین که این مهارت به خوبی فرا گرفته شود، به صورت تازه ترین اطلاعات اکتسابی کسب بایستی برای مفهوم استوکیومتری جدید به کار رود، درمی آید.

### فاکتور ۴: مقدار گرم مجهول:

برای به دست آوردن مقدار گرم مجهول تعداد مولهای آن را که در فاکتور ۳ معلوم شد، در جرم فرمول گرم آن ضرب کنید. همانند فاکتور ۲، دانش آموزان از قبل یاد گرفته اند که چگونه مول را به گرم و به عکس تبدیل کنند، علاوه بر آن، آنها بر این نکته نیز آگاهند که منبع اطلاعاتی آنها در اینجا نیز همان جریزهای فرمول گرم اجسام می باشد. برای معلوم کردن مجهول می توان مولهای آن را در یک ضریب تبدیل مناسب هم ضرب کرد و به این ترتیب می توان بیان اساسی استوکیومتری و همچنین منابع لازم برای هر یک از فاکتورها را فرموله نمود، و آن طور که در جدول آمده است به هم مربوط ساخت. با همین روش می توان الگوهایی برای مسأله های استوکیومتری جرم - حجم، حجم - جرم، حجم - حجم نیز به شرح زیر معرفی نمود:

مولها معلوم → مقدار گرم معلوم

مولهای مجهول →

(۴) حجم مجهول به لیتر →

مولهای معلوم → حجم معلوم به لیتر

مولهای مجهول →

(۵) مقدار گرم مجهول →

مولهای معلوم → حجم معلوم به لیتر

مولهای مجهول →

(۶) حجم مجهول به لیتر →

راه دیگری برای آشکار ساختن بیان اساسی استوکیومتری استفاده از یک سری فاکتورهای تبدیل است. در این زمینه فاکتورهای ۲، ۳ و ۴ به فاکتورهای تبدیل تغییر می یابند، که نوعاً به شیوه «از - به» بوده و در بخش بعدی توضیح داده می شوند.

### دومین راه یابی: نشان دار کردن فاکتور

در دومین راه یابی، چهار فاکتور مفهومی راه اول به سه

جفت به هم بسته که هر جفت با خود عبارت لازم را نیز همراه دارد، برگردان می شود. هر یک از این زوجها با استفاده از مفهوم «از - به» وابسته به هر تبدیل ریاضی پی در پی فرمول بندی می شود و در آن واحدهای اندازه گیری که در صورت کسر یک فاکتور به کار رفته است در مخرج کسر فاکتور بعدی نیز پیدا می شود. این نوع تبدیل در مواقعی که دانش آموزان می خواهند سیستم واحدهای انگلیسی و متری را به هم تبدیل کنند، و یا در مواقعی که می خواهند جرم مواد به مول و به عکس را تبدیل کنند، پیش می آید. بنابراین معادله ۳ به صورت زیر در می آید:

مولهای معلوم → مقدار گرم معلوم

مولهای مجهول → مولهای معلوم

مقدار گرم مجهول → مولهای مجهول

این جفتها با جایگزینهای مناسب به صورت زیر در می آیند:

$$\text{grams K} \times \frac{\text{1mole K}}{\text{gFwt K}} \times \dots$$

$$\text{Vmoles} \times \text{K} \times \frac{\text{Zmoles uK}}{\text{Ymoles K}} \times \dots$$

$$\text{Wmoles uK} \times \frac{\text{gFwt uK}}{\text{1mole uK}}$$

معنای حروف به کار رفته در تساویهای بالا به ترتیب عبارت است از:

K = جسم معلوم

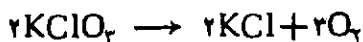
uK = جسم مجهول

gFwt = جرم فرمول گرم

ضمناً حروف V، W، Y و Z مقادیر عددی را می رسانند.

برای روشن شدن چگونگی کاربرد این روش راه یابی با دو راه می توانید در مورد مسأله استوکیومتری کلاسیک به مثال زیر توجه کنید:

چند گرم اکسیژن از تجزیه ۷۵ گرم کلرات پتاسیم حاصل می شود؟



مولهای معلوم → مقدار گرم معلوم

مولهای مجهول →

مقدار گرم مجهول →

### پانوشته‌ها:

\* K حرف اول کلمه Known به معنای معلوم و شناخته است. و  
uK حرف اول و سوم کلمه Unknown به معنای مجهول یا  
ناشناخته می‌باشد. ۴.

\* شرح ساده در مورد راه حل مسأله بالا عبارت از آن است که  
نخست مقدار گرم جسم معلوم را به گرم يك مولکول گرم آن  
تقسیم می‌کنیم تا تعداد مولهای جسم معلوم به دست آید.

سپس از روی تعداد مولهای جسم معلوم تعداد مولهای جسم  
مجهول را با توجه به ضرائب به کار رفته در معادله فرمولی موازنه  
شده حساب می‌کنیم. از معادله شیمیایی نوشته شده پیدا است که  
نسبت مولهای اکسیژن حاصل به مولهای کلرات پتاسیم تجزیه  
شده  $\frac{3}{2}$  است، (چرا؟) پس،

$$\begin{aligned} \text{تعداد مولهای اکسیژن آزاد شده} &= 0.612 \text{ mol KClO}_3 \\ &\times \frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol KClO}_3} = 0.918 \text{ mol, O}_2 \end{aligned}$$

حال تعداد مولهای به دست آمده برای مجهول را به گرم تبدیل  
می‌کنیم. برای این کار بایستی آن را در گرم يك مولکول گرم  
آن ضرب کرد.

$$\begin{aligned} 0.918 \text{ mol O}_2 &= \text{مقدار گرم اکسیژن آزاد شده} \\ &\times 29.4 \text{ g, O}_2 \text{ mol}^{-1} \end{aligned}$$

در محاسبات بایستی همواره واحدهای مورد نظر را به دنبال اعداد  
مربوط نیز ذکر کرد و این چیزی است که متأسفانه در مدارس ما  
کمتر مراعات می‌شود، امید است از این پس به این نکته مهم  
توجه لازم مبذول شود. ۴.

مقدار  $\text{KClO}_3$  ۷۵ گرم است، گرم فرمول آن (gFwt)  $122.6$  گرم است. نسبت مولی مجهول به معلوم بر اساس معادله  
فرمولی موازنه شده  $\frac{3 \text{ mol, O}_2}{2 \text{ mol, KClO}_3}$  است، گرم فرمول  
گرم  $\text{O}_2$  ۳۲ گرم است

$$\begin{aligned} 75 \text{ g KClO}_3 &\times \frac{1 \text{ mol KClO}_3}{122.6 \text{ g KClO}_3} \\ &= 0.612 \text{ mol KClO}_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.612 \text{ mol KClO}_3 &\times \frac{3 \text{ mol, O}_2}{2 \text{ mol, KClO}_3} \\ &= 0.918 \text{ mol, O}_2 \end{aligned}$$

$$0.918 \text{ mol O}_2 \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 29.4 \text{ g, O}_2$$

پیش از توسعه این روش دانش‌آموزان من مجبور بودند که  
موضوع را از روی معادله نویسی تکمیل کرده و سپس با  
استوکیومتری مواجه شوند. اما اینک آنها يك الگوی خطی  
مفهومی در اختیار دارند که نه تنها می‌توانند مهارت‌های  
تازه‌ای که در معادله نویسی کسب می‌کنند به آن ارتباط دهند،  
بلکه می‌توانند مهارت‌های بعدی را که در زمینه تبدیل ریاضی -  
شیمیایی فرا می‌گیرند نیز به آن پیوند دهند. علاوه بر آن به  
نظر می‌رسد که این گونه راه‌یابی، هم مقبول دانش‌آموزان  
متوسط است و هم مقبول آنهایی که از حد متوسط بالاترند.  
در مورد برخی از دانش‌آموزان توصیه می‌شود که در جریان  
حل کردن مسایل در حالی که الگو را به صورت:

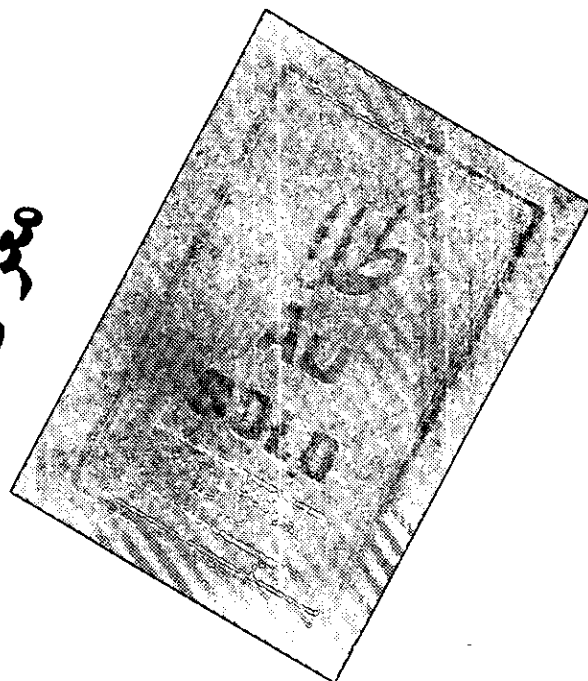
مقدار گرم معلوم ← مولهای معلوم

← مولهای مجهول

← مقدار گرم مجهول

می‌نویسند، آن را با آوایی ملایم نیز در زیر لب زمزمه کنند.

امید است که دانش‌آموزان شما با یاری این الگوی دو جانبه  
بتوانند سرتاسر استوکیومتری (محاسبات جرمی در شیمی) را  
به راحتی در نوردند، نه آنکه در انجام آن با لغزش روبه رو  
شوند.



## معرفی کتاب



- بخش اول : (مقدمه‌ای بر شیمی)  
 بخش دوم : (اتمها، مولکولها و یونها)  
 بخش سوم : (فرمولها و معادلات شیمیایی)  
 بخش چهارم : (تغییرات انرژی)  
 بخش پنجم : (رفتار فیزیکی گازها)  
 بخش ششم : (رفتار شیمیایی گازها:  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  و گازهای نجیب)  
 بخش هفتم : (جدول تناوبی)  
 بخش هشتم : (رفتار شیمیایی عناصر گروه اصلی)  
 بخش نهم : (ساختمان الکترونی اتمها)  
 بخش دهم : (پیوند یونی)  
 بخش یازدهم : (پیوند کووالانسی)  
 بخش دوازدهم : (مایعات و جامدات)  
 بخش سیزدهم : (محلولهای آبی)
- پیوست اول : (مروری بر ریاضیات)،  
 پیوست دوم : (پاسخ به بعضی مسائل).

مؤلف : مستر تن - اسلاوینسکی - والفورد

Masterton - Slowinski -  
Walford

مترجم : فروغ فرجود

ویراستار : دکتر علی سیدی



ناشر :

تاریخ نشر : تابستان ۱۳۶۸

کتاب در ۳۴۳ صفحه شامل عناوین: تاریخچه طلا در ایران؛ طلا از دیدگاه زمین‌شناسی و ژئوشیمی؛ کانسارهای طلای شناخته شده در ایران؛ آنالیز طلا؛ دانه بندی و خردایش؛ تغلیظ؛ تشویه؛ استخراج و استحصال فلز طلا از کانسی؛ بازیابی و پالایش؛ مسایل ایمنی و زیست محیطی؛ موارد استفاده طلا؛ واحد نیمه صنعتی پابلوت.

مؤلفین : عباس فرهنگی، صیاد بقوزیان  
محمود پاشائی، ژرژ میناسیان



ناشر : انتشارات فاطمی

تاریخ نشر : چاپ اول، مهرماه ۱۳۶۷

کتاب در ۵۵۰ صفحه شامل ۱۳ بخش، دو پیوست و فرهنگ اصطلاحات؛



## معرفی مجلات



تکنولوژی مواد پلیمری؛ فهرست مقالات منتشر شده توسط کمیسیون هماهنگی علوم و تکنولوژی مواد پتروشیمیایی و صنایع پلیمری (از کمیسیون هماهنگی)، اخبار و تازه‌های علمی

### مجله کیمیا

در مجله کیمیا سال دوم شماره ۸ شهریور ۱۳۶۸ مقالات زیر آمده است:

افسوس که همیشه دیر می‌رسیم یادواره دکتر محسن هشنودی؛ به بهانه نمایشگاه بین‌المللی تهران؛ بازاریابی، مقوله‌ای مهم و فراموش شده؛ تحول در فرآورده‌ها، محصول پژوهش در بازاریابی؛ قیمت و رقابت در بازارهای صادراتی؛ عوامل موفقیت‌آمیز در انتقال تکنولوژی (قسمت دوم)؛ گداخت هسته‌ای، نوید بخش انرژی بی پایان؛ نگاه به ژاپن و ژاپنی از دریچه آمار؛ حرف‌هایی درباره صنعت و آینده آن در ایران؛ تازه‌های علمی؛ اخبار داخلی؛ اخبار خارجی، نیازمندیها و آمادگیها در جهان صنعت؛ با خوانندگان

### مجله علوم و تکنولوژی پلیمر

در مجله علوم و تکنولوژی پلیمر سال دوم، شماره دوم ۱۳۶۸ مقالات زیر آمده است:

ریشه استقلال و اعتبار ایران (سید عطاء... مهاجرانی)؛ تکنولوژی لانکس (دکتر فرامرز افشارطارمی) سازهای پلی استر تقویت شده با کف (دکتر محمدعلی سمسارزاده و مهندس حمید میرزاده)؛ پایداری حرارتی الاستومرهای پلی یورتان (۲) (دکتر مهدی باریکانسی)؛ پلیمرهای کربوهیدرات: مواد طبیعی با کارکردی عالی (دکتر عذرا ربائی)؛ کامپوزیتها (۴) (مهندس محمود محرابزاده و مهندس ماسیس اکبریان)؛ پلیمرهای هادی جریان برق (دکتر فرامرز افشارطارمی و مهندس حسین امیدیان)؛ افزودنیهای پلاستیکها: مقدار کمتر و کارکرد بهتر (۱) (دکتر اعظم رحیمی)؛ بررسی تأثیر افزایش ماده نرم کننده بر خواص امولسیون پلی وینیل استات (مهندس سعید درودیانسی)، جرم مخصوص پلیمرها و روشهای اندازه‌گیری آن (از مرکز تحقیقات و توسعه علوم و

آشنایی با الکتریسیته به زمانهای بسیار گذشته و به عهد یونان باستان برمی گردد (حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد). در آن زمانها، برخی ها دریافته بودند وقتی يك رزین سنگواره‌ای به نام آمبر (کهر با) را مالش دهند، نیرویی می‌یابد که توسط آن می‌تواند اشیاء سبک مانند پرکاه و نظائر آن را بر بآید.

قرنها بعد يك فیزیکدان انگلیسی به نام ویلیام گیلبرت<sup>۱</sup> (۱۶۰۳-۱۵۴۰ م) پی برد که تنها آمبر نیست که در نتیجه مالش و اصطکاک قدرت ربایش اجسام دیگر را می‌یابد، بلکه بسیاری از اجسام دیگر هم با مالش و اصطکاک قدرت ربایش اجسام دیگر را دارا می‌شوند. او در حدود سال ۱۶۰۰ میلادی اینگونه اجسام را «الکتريك» (electric) نامید. در یونانی این واژه برای اجسامی مانند آمبر به کار می‌رفته و به آن الکترون (elektron) هم می‌گفته‌اند. الکترون خود از واژه لاتینی الکتروم (electrum) مشتق شده است.

بدین ترتیب بود که گفته شد اجسامی که در نتیجه مالش یا اصطکاک قدرت ربایش اجسام دیگر را پیدا می‌کنند، بار الکتریکی را کسب کرده و یا به‌طور ساده دارای الکتریسیته شده‌اند.

در سال ۱۷۳۳ يك شیمیدان فرانسوی به نام شارل فرانسوا دوفی<sup>۲</sup> (۱۷۷۳-۱۶۹۸ م) دریافت که می‌توان دو نوع بار الکتریکی متفاوت را در نظر گرفت؛ یکی آنکه بر روی شیشه و اجسامی مانند آن گذارده می‌شود (الکتریسیته شیشه‌ای) و دیگری آنکه بر روی آمبر قرار می‌گیرد (الکتریسیته رزینی یا صمغی). جسمی که حامل یکی از این بارها است جسم دیگری را که حامل بار نوع دیگری است می‌رباید؛ اما دو جسم که حامل يك نوع بار الکتریکی باشند یکدیگر را می‌رانند. علاوه بر آن دوفی خاطر نشان ساخت که از اجسام ملتهب نیز امکان خروج الکتریسیته در کار می‌باشد. این مطلب به عنوان مبدأ دیرینه‌ای برای پدیده‌های جدیدتر ترموالکتريك به حساب می‌آید.

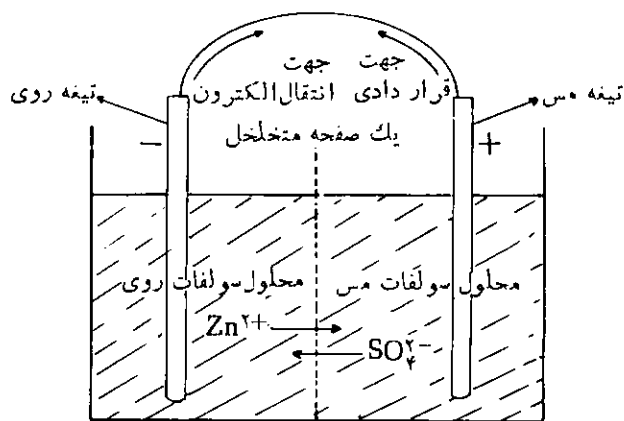
بنیامین فرانکلین<sup>۳</sup> که نخستین دانشمند بزرگ و مشهور آمریکایی بود و در عین حال در ردیف یکی از بزرگترین سیاستمداران زمان خود نیز قرار داشت، در سالهای ده ۱۷۴۰ اظهار داشت که تنها يك نوع سیال الکتریکی بیشتر وجود ندارد. با نگاه به این نظر، هر جسمی که کمتر از حد معمولی از آن سیال الکتریکی در برداشته باشد دارای يك نوع الکتریسیته است و در مقابل، هر جسمی که بیش از حد معمول از آن سیال باخود داشته باشد دارای نوع دیگری الکتریسیته است. فرانکلین گفت شیشه می‌تواند بیش از مقدار معمول از سیال الکتریکی بسا خود حمل کند و از همین رو دارای يك بار الکتریکی مثبت می‌شود. در مقابل، صمغ یا رزین که می‌تواند کمتر از مقدار معمول از سیال الکتریکی همراه داشته باشد آمادگی دارا شدن يك بار الکتریکی منفی است. هر چند که به این گفته فرانکلین حتی تا به امروزه هم به پاس خدمات



دکتر حسین آقایی: دانشیار گروه آموزش شیمی دانشگاه تربیت معلم

علمی او احترام می گذارند، اما لازم است توجه کنیم که واقع امر چنان نیست. همانطور که می دانید مسأله بار دار شدن اجسام بر اثر اصطکاک یا مالش در نتیجه انتقال الکترونها از يك جسم به جسم دیگر است. شیشه و اجسام مانند آن در موقع اصطکاک یا مالش با اجسام مناسب دیگر نظیر ابریشم، تعدادی از الکترونهاى خود را به آنها می دهند و از همین رو بار الکتریکی مثبت دارا می شوند؛ در حالی که آمبر و اجسام نظیر آن به هنگام اصطکاک یا مالش با اجسام مناسب دیگر نظیر پشم، تعدادی الکترون اضافی را از این راه کسب می کنند و در نتیجه صاحب يك بار الکتریکی منفی می شوند. (می دانید که الکترون يك ذره مادى سبکی است که حامل مقداری الکتريسيته منفی است). بار الکتریکی منفی خالص است و برعکس، آنکه کمبود الکترونی دارد، دارای يك بار الکتریکی مثبت خالص است.

بر اساس باور فرانکلین، در موقع تماس شیشه ای که بیش از حد معمول سیال الکتریکی دارد و در نتیجه بار الکتریکی مثبت است با آمبری که کمتر از حد معمول سیال الکتریکی دارد و در نتیجه بار الکتریکی آن منفی است، بایستی این سیال از شیشه به آمبر جاری شود؛ اما همانطور که گفته شد واقعیت این کار بدان صورت نیست و الکترونها از آمبر به شیشه جاری می شوند. لازم به یاد آوری است که همین مسأله باعث شده است که در فیزیک جهت قرار دادی جریان الکتريسيته برخلاف جهت واقعی آن باشد. (بنابه قرار داد جهت جریان الکتریکی از مثبت به منفی است. این قرار داد از تصورات فرانکلین به شرح بالا ناشی شده است) برای مثال در پیل روی - مس جهت قرار دادی جریان الکتريسيته از تیغه مس به تیغه روی است، حال آنکه در عمل الکترونها از تیغه روی به تیغه مس جاری می شوند.



یک پیل ساده روی - مس

در سال ۱۸۵۵ میلادی که عملاً نخستین پیل ساده توسط آلساندرو ولتا<sup>۴</sup> (۱۷۴۵-۱۸۲۸) فیزیکدان ایتالیایی ساخته شد، آشنایی با طرز کار و واکنشهای انجام شده در آن به خوبی امروزی در کار نبود و دانشمندان آن زمان راه درستی را برای تعیین جهت جریان الکتریکی در پیل نمی دانستند. از همین رو و بر پایه نگرشهایی که از پیشنهاد فرانکلین در این باره القاء شده بود جهت جریان الکتریکی در پیل را از قطب مثبت به قطب منفی در نظر گرفتند که این قرار داد تا به امروز هم معتبر مانده است. اما همانطور که گفتیم و دلایل لازم نیز در ادامه این نوشته ارائه خواهیم کرد، جهت جریان واقعی در پیلها از قطب منفی به قطب مثبت است.

با ساخته شدن پیل ولتا آشکار شد که تولید الکتريسيته و واکنشهای شیمیایی بایستی در ارتباط تنگاتنگ یکدیگر باشند. در واقع پیش از آن عقیده های نادرستی در مورد منشأ تولید الکتريسيته و جریان یافتن آن رایج بود.

گالوانی (۱۷۳۸-۱۷۹۸) که يك زیست شناس ایتالیایی بود عقیده داشت که سرچشمه الکتريسيته در اعضای بدن حیوانات است. در واقع در سال ۱۷۱۴ میلادی بود که رتوموره دانشمند فرانسوی گزارش داد که یکنوع اژدر ماهی قادر است تکانهای ناگهانی و بسیار شدیدی در موقع تماس پیدا کردن بدنش با يك شیئی ایجاد کند. بعدها معلوم شد که این تکان شدید در اثر يك نوع تخلیه الکتریکی است و در بدن اینگونه اژدر ماهیها عضو پیچیده ای وجود دارد که مولد برق است.

ولتا که يك فیزیکدان بود فرضیه الکتريسيته حیوانی را تحقیر می کرد و عقیده داشت که نیروی محرکه الکتریکی از محل تماس یا اتصال دو فلز ناشی می شود.

شیمیدانها به نوبه خود نه با الکتريسيته حیوانی موافق بودند و نه با پیشنهاد ولتا. آنها اعتقاد داشتند که الکتريسيته از خوردگی یا واکنشهای شیمیایی خاصی که در سطح تماس فلز با محلول روی می دهد، حاصل می شود. همانطور که می دانید این عقیده تا حدود زیادی درست است و تولید الکتريسيته در پیلهای شیمیایی زاینده و واکنشهای الکترو شیمیایی صورت گرفته در الکترودهای آنهاست.

تنها طی چند هفته پس از انتشار کارهای ولتا بود که دو شیمیدان انگلیسی به نامهای ویلیام نیکولسون<sup>۶</sup> (۱۷۵۳-۱۸۱۵) و انتونی کارلیسل<sup>۷</sup> (۱۷۶۸-۱۸۴۵) از جریان الکتریکی تولید شده توسط پیل ولتا برای تجزیه آب استفاده کردند.

آنها موفق شدند آب را الکترولیز کنند و نشان دهند که جریان الکتریسته قادر است باعث انجام واکنشهای شیمیایی شود. در جریان الکترولیز آب معلوم شد که حجم نیدروژن حاصل تقریباً دو برابر حجم اکسیژن به دست آمده است.

در سال ۱۸۵۷ همفری دیوی<sup>۸</sup> شیمیدان انگلیسی به فکر تهیه برخی عناصر از راه الکترولیز افتاد. او با استفاده از ۲۵۰ قرص فلزی، قوی ترین مولد الکتریکی ساخته شده تا آن زمان را تهیه کرد و از جریان الکتریکی حاصل از آن برای الکترولیز برخی مواد و تهیه عناصر ناشناخته بهره جست. وی در اکتبر سال ۱۸۵۷ از الکترولیز پتاش مذاب (کسرنات پتاسیم) فلز پتاسیم را تهیه کرد؛ یک هفته پس از آن از الکترولیز (کسرنات سدیم) مذاب فلز سدیم را تهیه نمود. در سال ۱۸۵۸ دیوی فلزات منیزیم، استرونیوم، باریم و کالسیم را از اکسیدهای مذاب آنها از راه الکترولیز جدا نمود.

کارهای دیوی توسط دستیارش میکائیل فارادی<sup>۹</sup> (۱۷۹۱-۱۸۶۷) دنبال شد و کارهای این دانشمند چنان پر بار بود که شهرتی بس فراتر از استاد خود کسب کرد. فارادی ضمن تدوین قانون اول و دوم الکترولیز بسیاری از اصطلاحات الکتروشیمی را که حتی تا به امروز مرسوم اند وضع نمود. مهم ترین این اصطلاحات عبارتند از: الکترولیت، الکترولیز، آندوکاتد، یون، آنیون و کاتیون. همگی این کلمات ریشه یونانی دارند و هر یک از آنها علاوه بر داشتن معنای لغوی، یک مفهوم علمی معین نیز دارا است.

درباره معنای لغوی الکترون و الکتریک پیش از این بحث شد. الکترولیت از جزء electro و پسوند -lyte تشکیل شده است. ترکیبی که در حالت محلولی یا مذاب رسانای الکتریسته باشد الکترولیت نام دارد. به محلول که رسانای جریان برق باشد نیز الکترولیت گفته می شود.

اصطلاح الکترولیز نیز از یک جزء electro و پسوند lysis - درست شده است. معنای الکترولیز سست شدن یا سست کردن توسط الکتریسته است. مفهوم علمی آن یعنی انجام شدن یک واکنش یا پدیده شیمیایی توسط انرژی الکتریکی. در واقع، در جریان الکترولیز انرژی الکتریکی به انرژی شیمیایی تبدیل می شود و در مواد حاصل از الکترولیز ذخیره می گردد. در جریان بسیاری از الکترولیزها، یک ترکیب شیمیایی به اجزاء تشکیل دهنده اش تجزیه می شود، برای مثال از الکترولیز آب، گاز هیدروژن و گاز اکسیژن به دست می آید، و یا از تجزیه الکتریکی نمک طعام مذاب، گاز کلر و فلز سدیم

حاصل می شود. همین امر باعث شده است که برخی ها چنین پندارند که الکترولیز محدود به تجزیه یک جسم مرکب توسط جریان الکتریسته است. همانطور که اشاره شد مفهوم الکترولیز کلی تر از آن است و تجزیه الکتریکی یک ترکیب شیمیایی به عنوان یکی از موارد مربوط به آن می باشد.

کلمه الکتروود از یک جزء electro و جزء دیگر hodos که در یونانی به معنای راه می باشد درست شده است. بدین ترتیب معنای لغوی الکتروود جاده یا راه الکتریسته است؛ اما از دید علمی، یک الکتروود عبارت از یک میله یا تیغه فلزی است که در محلول یا مذاب یک الکترولیت مناسب داخل شده است. در حالت کلی یک الکتروود، یک هادی نوع اول (هادی فلزی) است که در یک محلول یا مذاب الکترولیت مناسب قرار دارد.

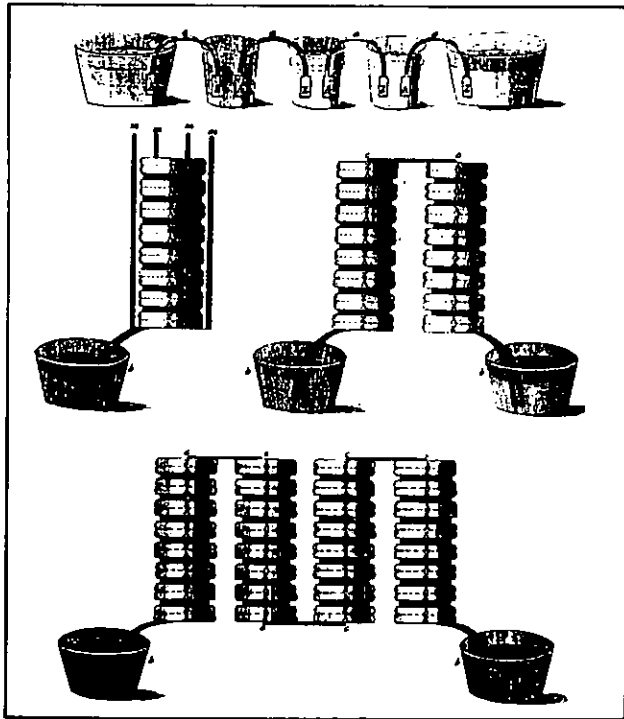
آند از کلمه یونانی anodos به معنای راه سربالایی گرفته شده است. این واژه خود از ana به معنای سربالا و hodos به معنای راه تلفیق یافته است. از نظر علمی، آند الکتروودی است که در همسایگی آن نیم واکنش اکسایش صورت می گیرد و آنیونها به سوی آن راه می افتند. در فرایند الکترولیز آند الکتروودی است که از نظر الکتریکی نسبت به الکتروود دیگر دستگاه الکترولیز پتانسیل الکتریکی مثبت دارد. اما در پیلها، آند الکتروودی است که از نظر الکتریکی نسبت به الکتروود دیگر پیل، بار منفی دارد.

کاتد از کلمه یونانی kathodos به معنای راه سرازیری گرفته شده است. این واژه از ترکیب kata به معنای سربا پایین و hodos به دست آمده است. معنای علمی کاتد الکتروودی است که در همسایگی آن نیم واکنش کاهش صورت می گیرد و کاتیونها به طرف آن راه می افتند. در دستگاه الکترولیز کاتد نسبت به آند دارای پتانسیل الکتریکی پایین تری است؛ در حالی که در پیلها عکس آن درست است. در هر حال خواه در دستگاه الکترولیز و خواه در پیل شیمیایی، در همسایگی آند اکسایش و در همسایگی کاتد کاهش صوت می گیرد.

یون از واژه یونانی ienai به معنای سرگردان گرفته شده است. فارادی فکر می کرد که عبور جریان برق از محلولها و مذابها توسط چیزی که او آن را یون نامید صورت می گیرد. فارادی از ساختار یون به معنای امروزی هیچ اطلاعی نداشت و حتی از اتم و ساختار آن نیز درک درستی نداشت. از نظر امروزی یون عبارت از یک اتم یا مجموعه ای از آنها است که حامل یک یا چند بار بنیادی الکت. مثلاً  $\text{Na}^+$  حامل یک بار



بودند به کار رفت. برای مثال شکل زیر چند نوع پیل ساخت ولتا را نشان می‌دهد:



پیل ولتا

پیل ولتا از چندین زوج قرصهای فلزی تشکیل می‌شود. یک قرص از هر زوج از مس یا نقره بود و قرص دیگر آن از قلع یا روی تشکیل می‌شود. هر زوج توسط یک لایه چرمی یا صفحه مقوایی که از آب نمک یا آب قلیا یا الکترولیت دیگر سیر شده بود از زوج مجاورش جدا می‌شود. در آن زمانها، این مجموعه می‌توانست به عنوان یک منبع مولد الکتریسیته به کار رود. با توجه به اینکه هر زوج به کار رفته در پیل ولتا خود به عنوان یک سیستم ساده مولد الکتریسیته نظیر سلول Zn-Cu است، لذا پیل ولتا خود مجموعه‌ای از سلولهای ساده نظیر Zn-Cu می‌باشد. در واقع خود کلمه پیل هم که ریشه در فرانسه قدیم دارد به معنای توده‌ای از اشیاء مثل هم که به دورهم جمع شده و یا مجموعه از واحدهای شیبه هم می‌باشد.

امروزه در کتابهای علمی که به زبانهای خارجی نگاشته شده است، از کلمه پیل آنطور که در فارسی مصطلح است، برای نشان دادن یک سیستم ساده مولد الکتریسیته نظیر سلول Zn-Cu استفاده نمی‌شود بلکه از کلمه Cell که برگردان فارسی آن همان سلول می‌باشد استفاده می‌شود. بنابراین به جای گفتن پیل ساده روی - مس، بایستی گفته شود سلول روی - مس.

بنیادی مثبت است و  $Cl^-$  حامل یک بار بنیادی منفی است (بار الکترون به عنوان یک بار بنیادی منفی است).

آنیون از تلفیق  $ana$  و  $ienai$  حاصل شده است. یون دارای بار منفی آنیون نامیده می‌شود و برای رفتن به طرف آندگرایش دارد.

کاتیون از  $kata$  و  $ienai$  ساخته شده است. یون دارای بار مثبت کاتیون نام دارد و برای رفتن به طرف کاتدگرایش دارد.

در پی کارهای فارادی، راه برای توسعه هر چه بیشتر الکتروشیمی و آشکار شدن ارتباط تنگاتنگ آن با شیمی هموار شد. کارهای والتر نرنست<sup>۱۰</sup> (۱۸۶۴-۱۹۴۱) شیمیدان و فیزیکدان آلمانی در پیشبرد الکتروشیمی سهم بسیار مؤثری داشت. توضیح نرنست در مورد پتانسیل یک الکتروود فلزی بر حسب فشار محلول آن و بستگی نیروی محرکه الکتریکی یک الکتروود با غلظت مواد شرکت کننده در واکنش الکترودی برای هر دانشجوی شیمی یا فیزیک موضوع کاملاً آشنایی است، کارهای نرنست در سایه سینتیک و ترمودینامیک جدید دگرگونیهای کلی و تکامل چشمگیری پیدا کرده است.

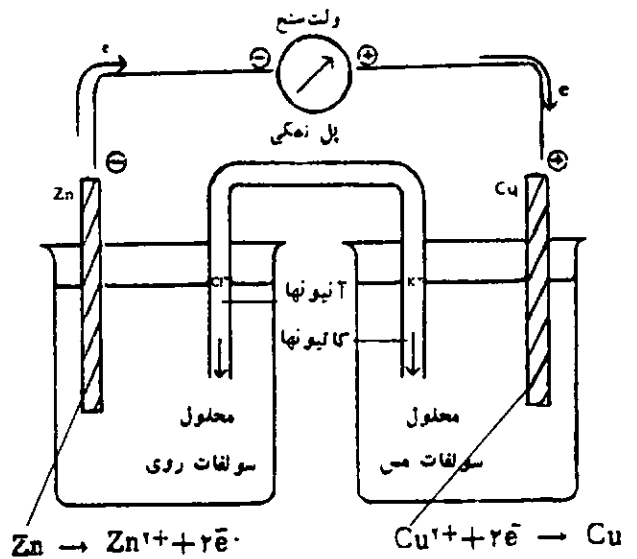
پیشنهاد فرضیه تفکیک الکتروولیتها به یون در سال ۱۸۸۴ از طرف سوانت آرنیوس<sup>۱۱</sup> (۱۸۵۹-۱۹۲۷) دانشمند مشهور سوئدی زمینه بسیار مساعد جدیدی را برای مطالعه محلولهای الکترولیت فراهم ساخت. کوششهای پیگیر آرنیوس در این باره و در دیگر زمینه‌های علوم باعث شد که جایزه نوبل سال ۱۹۰۳ به وی تعلق گیرد.

رویه‌رفته تلاش پیگیر و شبانه‌روزی پژوهشگران و دانشمندان دیگری از قبیل هیتورف<sup>۱۲</sup> از آلمان، راثول<sup>۱۳</sup> از فرانسه، استوالد<sup>۱۴</sup> از آلمان، دبابی و هوکل<sup>۱۵</sup> از آلمان و صدها محقق و پژوهنده دیگر از سرزمینهای مختلف دیگر باعث شده است که الکتروشیمی که در واقع همان بحث ارتباط شیمی با الکتریسیته است تا سطح بسیار عالی امروزی ارتقاء یابد. همانطور که امروزه هر شیمیدان یا فیزیکدان خوب می‌داند، کمتر رویدادی مادی می‌توان یافت که به نحوی با الکتریسیته و انتقال آن سروکار نداشته باشد.

اینک در پایان این گفتار بار دیگر به ساختار یک پیل شیمیایی ساده توجه می‌کنیم در اینجا لازم است یادآور شویم که کلمه پیل (Pile) در آغاز برای مجموعه‌ای از چندین زوج قرصهای فلزی که به ترتیب خاصی مجاور هم چیده شده

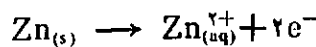
به طور کلی سلولهای الکتروشیمیایی به دو دسته تقسیم می‌شوند؛ یکی سلولهای ولتایی یا گالوانی دیگری سلولهای الکترولیتی. در سلولهای دسته اول انرژی شیمیایی به انرژی الکتربیکی تبدیل می‌شود، حال آنکه در سلولهای دسته دوم انرژی الکتربیکی به انرژی شیمیایی تبدیل می‌یابد. سلولهای دسته اول در واقع همانهایی هستند که بنا به یک غلط جاری به آنها پیل گفته می‌شود و سلولهای دسته دوم همان دستگاههای الکترولیز می‌باشند.

هر سلول الکتروشیمیایی از دو الکتروود، محلول الکترولیت و رابطهای لازم درست می‌شود. شکل زیر یک سلول گالوانی روی - مس را نشان می‌دهد:

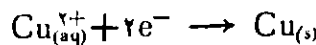


سلول گالوانی روی - مس

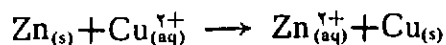
در این سلول، تیغه روی به عنوان آند است؛ زیرا نیم واکنش اکسایش زیر در سطح آن رخ می‌دهد:



در مقابل، تیغه مس نقش کاتد را دارد؛ زیرا نیم واکنش کاهش زیر در سطح آن انجام می‌شود:



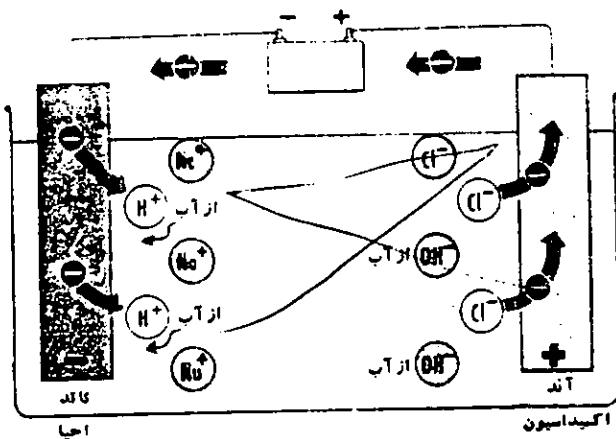
واکنش اکسایش - کاهش سلولی که طی آن انرژی شیمیایی واکنش به انرژی الکتربیکی تبدیل می‌شود عبارت است از:



در سلول یاد شده، الکترونها آزاد شده طی نیم واکنش اکسایش از راه مدار خارج روانه تیغه مس می‌شوند تا در آنجا در نیم واکنش کاهش مورد نظر شرکت جویند. بدینسان جهت جریان الکترونها در سلول که در واقع همان جهت

جریان واقعی الکتربیسته است از تیغه روی در نقش آند به تیغه مس در نقش کاتد می‌باشد. اما همانطور که در آغاز این بحث گفته شد در زمانهای قدیم به دلیل نداشتن اطلاعات کافی از طرز کار سلولهای گالوانی یا ولتایی، جهت جریان الکتربیسته در آنها را برعکس واقعیت امروزی می‌پنداشتند. مثلاً فکر می‌کردند که در سلول بالا، الکتربیسته از تیغه مس به تیغه روی جاری می‌شود. در واقع اعتقاد بر این بود که الکتربیسته از قطب مثبت سلول گالوانی یعنی کاتد به قطب منفی آن یعنی آند جاری می‌شود؛ اعتقادی که درست عکس آن صحیح است. در حال حاضر در مطالعه سلولهای ولتایی یا گالوانی از دو جهت جریان، یکی قرار دادی و دیگری واقعی سخن به میان می‌آید. جهت جریان قرار دادی از قطب مثبت (کاتد) سلول به قطب منفی آن (آند) است؛ حال آنکه جهت جریان واقعی همانطور که برای همه ما آشکار است از آند (قطب منفی سلول) به کاتد (قطب مثبت) می‌باشد. در محلول الکترولیت یک سلول، کاتیونها به سمت کاتد و آنیونها به سمت آند کشیده می‌شوند.

هر دستگاه الکترولیز نیز از دو الکتروود هم جنس و محلول الکترولیت مورد نظر تشکیل می‌شود. برای انجام فرآیند الکترولیز در چنین دستگاهی، بایستی یک مولد الکتربیسته مثلاً یک باتری یا نیروی محرکه لازم نیز در مدار وارد شود تا با صرف انرژی، واکنش الکترولیز را عملی سازد. شکل زیر یک دستگاه الکترولیز و باتری لازم برای آن را نشان می‌دهد. الکترودهای دستگاه الکترولیز معمولاً از پلاتین تهیه می‌شوند. در برخی از الکترولیزها که دقت زیادی لازم ندارند، از الکترودهای زغالی هم استفاده می‌شود. عیب الکترودهای زغالی آن است که ممکن است با مواد حاصل از الکترولیز واکنش دهند.

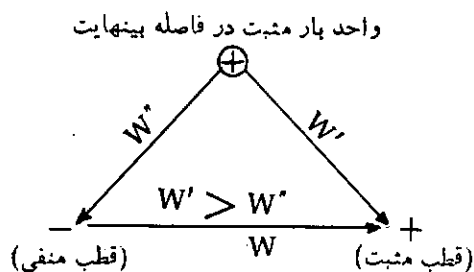


عمل می کند و آنیونهای مجاور خود را اکسید می نماید.

اینک در قسمت آخر این نوشتار به بحثی کوتاه درباره پتانسیل الکتریکی در هریک از قطبهای مثبت و منفی يك سلول الکتروشیمیایی می پردازیم. به طور کلی پتانسیل الکتریکی يك نقطه از فضا بنا به تعریف برابر با مقدار کاری است که برای بردن يك واحد بار الکتریکی مثبت از فاصله بینهایت بدان نقطه لازم است. هرگاه در موقع بردن این بار مثبت از بینهایت بدان نقطه، انرژی مصرف شود (کار سرروی بار مثبت پیاده شود)، پتانسیل الکتریکی آن نقطه يك مقدار مثبت خواهد بود، اما اگر در جریان بردن آن بار مثبت از بینهایت بدان نقطه انرژی آزاد شود (کار پس داده شود) پتانسیل الکتریکی نقطه مفروض يك مقدار منفی خواهد بود. پتانسیل الکتریکی را با واحد  $JC^{-1}$  (ژول بر کولن) بیان می کنند که به آن ولت (V) می گویند. بنابراین اگر پتانسیل الکتریکی نقطه ای از فضا بنا به فرض ده ولت باشد، برای آنکه يك کولن الکتريسيته مثبت از بینهایت بدان نقطه برده شود، بایستی ده ژول کار مصرف شود. برعکس اگر يك کولن الکتريسيته منفی بدان نقطه برده شود، طی آن ده ژول کار آزاد می شود.

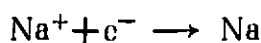
با توجه به مطالب بالا اگر پتانسیل الکتریکی دو نقطه معین باهم یکی نباشد، انرژی لازم برای بردن واحد بار مثبت به نقطه ای که پتانسیلش مثبت تر است بیشتر است. در مقابل، درازای بردن يك واحد بار الکتریکی منفی بدان نقطه انرژی بیشتری آزاد می شود.

در سلولهای گالوانی یا ولتایی دانسته نسبی الکترونهاي سیال در قطب مثبت از قطب منفی کمتر است، و به همین دلیل آن را قطب مثبت نامیده اند. به بیان دیگر قطب مثبت هر سلول گالوانی از نظر الکتریکی مثبت تر از قطب منفی آن است. با این حساب کار لازم برای بردن واحد بار مثبت به قطب مثبت از کار لازم برای بردن همان واحد بار مثبت به قطب منفی سلول بیشتر است. نمودار زیر این گفته را به طور خلاصه بیان می کند.

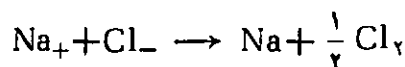
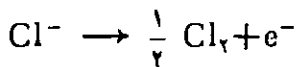


(W, W', و W'') به ترتیب کار لازم را برای انتقال يك واحد بار مثبت از يك نقطه به نقطه بعدی را می رساند).

باتری به کار رفته در مدار دستگاه الکترولیز خود يك سلول گالوانی یا يك پیل (چند سلول که به طور سری به هم بسته شده باشند) می باشد. این باتری دارای يك قطب مثبت (با کمبود نسبی الکترون در آن) و يك قطب منفی (با افزایش نسبی الکترون در آن) است. قطب مثبت باتری به یکی از الکترودهای دستگاه الکترولیز متصل می شود و قطب منفی باتری به الکتروکاتود دیگر آن. این دو الکتروکاتود که پیش از قرار گرفتن باتری در مدار دستگاه الکترولیز، هیچ اختلاف پتانسیل الکتریکی نسبت به هم نداشتند، پس از قرار گرفتن باتری در مدار وضع متفاوتی نسبت به قبل دارا می شوند. الکترودی که به آنند (قطب منفی) باتری وصل می شود، بطور نسبی پتانسیل الکتریکی منفی نسبت به الکتروکاتود دیگر کسب می کند. در واقع از آنجا که دانسته الکترونهاي سیال در آنند باتری بطور نسبی بالاتر است لذا الکترودی که بدان متصل می شود يك پتانسیل منفی نسبت به الکتروکاتود دیگر دستگاه الکترولیز دارا می شود. از همین رو کاتیونهای موجود در محلول الکترولیت داخل ظرف الکترولیز به طرف آن روی می آورند و با دریافت الکترون از آن احیا می شوند. هم زمان با آن، آنیونهای موجود در ظرف، در سطح الکتروکاتود دیگر اکسید شده و به آن الکترون تسلیم می کنند. هرگاه بنا به فرض، در ظرف الکترولیز NaCl مذاب موجود باشد نیم واکنشهای انجام شده در آن عبارتند از:



در آنند دستگاه الکترولیز:



الکترودی که به آنند باتری متصل شد بطور نسبی بار منفی پیدا کرد و به لحاظ آن توانست کاتیونهای مجاور خود را احیا کند. از این رو این الکتروکاتود به عنوان کاتود دستگاه الکترولیز خواهد بود. بدینسان در دستگاههای الکترولیز، کاتود قطب منفی دستگاه را تشکیل می دهد، در حالی که همان طور که می دانید در سلولهای ولتایی یا گالوانی، آنند به عنوان قطب منفی سلول می باشد. از طرف دیگر الکترودی که به کاتود باتری متصل می شود، پتانسیل الکتریکی مثبت کسب می کند و در آنند

طبق قانون بقای انرژی می‌توان نوشت:

$$W'' + W = W' \Rightarrow W = W' - W''$$

با توجه به نامساوی  $W' > W''$  بدست می‌آید  $W > 0$  یعنی در موقع انتقال بار مثبت از قطب منفی سلول به قطب مثبت آن بایستی مقداری کار مصرف شود و برعکس، به هنگام انتقال يك مقدار بار منفی (نظیر الکترونها) از قطب منفی سلول به قطب مثبت آن يك مقدار کار آزاد خواهد شد. مسأله تولید انرژی الکتریکی توسط سلولهای گالوانی یا ولتایی بر همین پایه است. در این سلولها الکترونها کسه حامل الکتربسته منفی اند از قطب منفی (با پتانسیل الکتریکی منفی تر) به قطب مثبت (با پتانسیل الکتریکی مثبت تر) منتقل می‌شوند و در این اثنا لزوماً مقداری از انرژی پتانسیل خود را به صورت کار الکتریکی از دست می‌دهند. در واقع انرژی پتانسیل الکترونها در قطب سیال در قطب منفی از انرژی پتانسیل آنها در قطب مثبت به مراتب بیشتر است (برای رفع هرگونه ابهام مجدد اشاره می‌شود که پتانسیل الکتریکی مثبت و منفی در ارتباط با بار الکتریکی مثبت تعریف شده است. يك بار مثبت در نقطه‌ای که پتانسیل الکتریکی آن مثبت است دارای انرژی پتانسیل بیشتر است).

با در نظر گرفتن نمودار بالا و تعریف پتانسیل يك نقطه بر حسب ولت ( $JC^{-1}$ )، برای انتقال يك واحد بار مثبت از قطب منفی به قطب مثبت داریم:

$$W = W' - W'' = V_+ - V_-$$

$V_+$  و  $V_-$  به ترتیب پتانسیل الکتریکی قطب مثبت و قطب منفی سلول را می‌رساند. هر گاه بجای انتقال يك واحد بار مثبت  $q$  واحد بار مثبت انتقال یابد برای آن خواهیم داشت:

$$W = (V_+ - V_-) \cdot q = E \cdot q$$

در حالی که  $E = V_+ - V_-$  اختلاف پتانسیل الکتریکی میان قطب مثبت و منفی سلول را می‌رساند و از آن به عنوان نیروی محرکه الکتریکی سلول نیز یاد می‌شود. رابطه  $W = E \cdot q$  در ارتباط با انتقال يك بار مثبت از قطب منفی به قطب مثبت به دست آمد؛ هر گاه استدلال مشابهی را در مورد انتقال يك بار منفی (نظیر انتقال الکترونها) به کار بندیم به دست خواهد آمد:

$$W = -Eq$$

چون در سلولهای ولتایی یا گالوانی همواره الکترونها هستند که در مدار خارجی جابجا می‌شوند، پس رابطه

$$W = -E \cdot q$$

برای آنها بسیار مناسب است. درازای انجام يك واحد واکنش (انجام يك واکنش استوکیومتری) در سلول داریم:

$$q = nF$$

که  $F$  ثابت فارادی است و بار يك مول الکترون را می‌رساند و  $n$  مول الکترونهايي است که در يك واحد واکنش جابجا می‌شود.

$$\begin{aligned} F &= (\text{بار يك الكترونها}) \times (\text{عدد آوو گادرو}) \\ &= 6/0220 \times 10^{23} \times 1/6022 \times 10^{-19} \text{C} \\ &= 96485 \text{C mol}^{-1} \end{aligned}$$

طبق قرار داد،  $W < 0$  به معنای آن است که سلول کار انجام می‌دهد و در جریان انتقال الکترونها از قطب منفی به قطب مثبت مقداری انرژی آزاد می‌شود.

توضیح بیشتر درباره آزاد شدن انرژی به هنگام انتقال الکترونها از قطب منفی سلول به قطب مثبت آن بدین نحو است که الکترونهاي سیال در قطب منفی (آند) انرژی پتانسیل بیشتری دارند تا در قطب مثبت، زیرا در قطب منفی دانسیته نسبی الکترونهاي آزاد بیشتر است و همین امر باعث می‌شود که انرژی پتانسیل آنها هم بالاتر باشد. بدینسان وقتی که الکترونها از قطب منفی که در آن انرژی پتانسیلی بیشتری دارند، به قطب مثبت که در آن انرژی پتانسیلی کمتری دارا خواهند شد جابجا شوند بایستی این تفاوت انرژی پتانسیل را به صورت کار الکتریکی از دست بدهند. این وضع قابل مقایسه با يك فنر فشرده‌ای است که انرژی پتانسیل آن از همان فنر در حال باز بیشتر است و لذا فنر فشرده در موقع باز شدن می‌بایستی مقداری انرژی را از دست بدهد.

تذکره - برای اطلاع بیشتر از طرز کار سلولهای گالوانی یا ولتایی جا دارد گفتار عامی فصل دوم کتاب معلم شیمی سال سوم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک (شماره ۳۸۱) و فصل اول کاربردهای شیمیایی پانسیونتری ترجمه حسین آقائی از انتشارات مرکز نشر دانشگاهی چاپ اول سال ۱۳۶۷ را از نظر بگذرانید.

\* آمبر با املای amber در انگلیسی و ambre در فرانسه از واژه عربی عنبر گرفته شده است. آمبر يك رزین سنکواره‌ای است که در خاکهای رسوبی و در ته نشستهای ساحلی برخی دریاها یافت می‌شود و به رنگ زرد یا زرد قهوه‌ای شفاف است. به عنوان زینت در جواهرسازی و در دسته‌های چوب سیکار و غیره به کار می‌رود. محکم بوده و به آسانی جلا می‌یابد و به سهولت برقدار می‌شود.

- ۱- William Gilbert.
- ۲- Charles François de Cisternay du Fay.
- ۳- Benjamin Franklin.
- ۴- Alessandro Volta.
- ۵- Reaumur.
- ۶- William Nicholson.
- ۷- Anthony Carlisle.
- ۸- Humphry Davy.
- ۹- Michael Faraday.
- ۱۰- Walther Hermann Nernst.
- ۱۱- Svante Arrhenius.
- ۱۲- Hittorf.
- ۱۳- Rault François Marie.
- ۱۴- Ostwald.
- ۱۵- Debye & Huckel.

## مراجع

- ۱- A. Short History of Chemistry, By Isaac Asimov Chapter 5.
- ۲- کتاب معلم شیمی، سال سوم، علوم تجربی - ریاضی و فیزیک، شماره ۳۸۱، چاپ ۱۳۶۷ گفتار علمی فصل دوم.
- ۳- کاربردهای شیمیایی پتانسیومتری، ترجمه حسین آقائی از انتشارات مرکز نشر دانشگاهی چاپ ۱۳۶۷ فصل اول.
- ۴- رشد آموزش فیزیک شماره ۱۳-۱۴، سال ۱۳۶۷ مقاله سرگذشت فیزیک نوشته دکتر ابوالقاسم قلمسیاه صفحه ۱۴ الی ۷.

## معرفی

## عنوانهای مقاله‌هایی

که در شماره ۲

از جلد ۶۶ مجله

«آموزش شیمی»

درج شده است:

FEBRUARY 1989 Volume 66, Number 2

JOURNAL OF  
Chemical Education

زیر نظر هیات تحریریه

گزارش دهمین کنفرانس دو سال يك بار در باره  
آموزش شیمی

- مقدمه (صفحه ۹۴).
- شیمی در گذشته، حال و آینده (صفحه ۹۶)
- جهت‌گیریهای جدید در آموزش شیمی (صفحه ۹۸).
- نمایشها و آزمایشگاهها (صفحه ۱۰۱) (تدریس با استفاده از وسایل کمک آموزشی).
- خط مشیهای آموزشی (صفحه ۱۰۳).
- مقاله‌هایی که به کنفرانس داده شد (صفحه ۱۰۶).

## Articles of General Interest

- 118 Chemistry in the Comics: Part 2. Classic Chemistry Henry A. Carter
- 128 Fourier Analysis & Structure Determination: Part I: Fourier Transform John P. Chesick
- 133 The Multidimensional WKB Method Stephen K. Knudson & D. W. Noid
- 137 The Availability of Simple Form of Gibbs Adsorption Equation for Mixed Surfactants Nai-Fu Zhou
- 139 Equations of State, Collisional Energy Transfer, & Chemical Equilibrium in Gases Jose M. Alvarino, Juan Veguillas, & Santiago Velasco
- 157 In Pursuit of Chemical Literacy: A Place for Chemical Reactions Douglas Bond
- 161 Who Does What in Freshman Lab? A Survey John V. Rund, Phillip C. Keller, & Steven L. Brown
- 170 The Analysis of Ball-Point Inks for Forensic Purposes C. H. Breedlove

## موضوعات برجسته

- به زبان سردبیر (صفحه ۹۳).
- مفاهیم در بیوشیمی: طیف‌نمایی رزونانس مغناطیسی هسته در بیوشیمی. از: Steve Cheatham (صفحه ۱۱۱).
- سری کامپیوتر، ۱۰۰: رلاکسسیون برخوردی بر اساس بسط مقدار خاص - تابع خاص تجزیه و تحلیل یک - مورد ساده. از: Wendell Forst (صفحه ۱۴۲).
- بازار کتاب درسی: ابهام در عبارتهای مربوط به ضرایب انتقال. از: Boyd L. Fart (صفحه ۱۴۷).

## Report of the Tenth Biennial Conference on Chemical Education

- 94 Introduction
- 96 Chemistry: Past, Present, & Future
- 98 New Directions in Chemical Education
- 101 Demonstrations & Laboratories
- 103 Instruction Strategies
- 106 Papers Given at the Conference

## مقالاتی که مورد استفاده عموم است

- شیمی در نمایشهای تفریحی: قسمت دوم. شیمی کلاسیک. از: Henry A. Carter (صفحه ۱۱۸).
- تحلیل فوریه و تعیین ساختار: قسمت اول: تبدیل فوریه. از: John P. Uhesick (صفحه ۱۲۸).
- روش WKB چند بعدی. از: Stephen K. Knudson & D. W. Noid (صفحه ۱۳۳)
- دستیابی به شکل ساده‌ای از معادله جذب گیس برای عوامل فعال سطحی مختلط. از: Nai Fu Zhou (صفحه ۱۳۷).
- معادله‌های حالت، انتقال انرژی برخوردی و تعادلهای شیمیایی در گازها. از: Jose M. Alvarino, Juan Veguillas & Santiago Velasco (صفحه ۱۳۹).
- در ادامه بحث مواد شیمی: جایی برای واکنشهای شیمیایی. از: Douglas Bond (صفحه ۱۵۷).
- یک بررسی: آزمایشگاه مربوط به دانشجویان سال اول دانشگاه، هر کسی چه کاری انجام می‌دهد. از: John V. Rund, Phillip Keller, & Steven L. Brown (صفحه ۱۶۱).
- تجزیه مرکبهای خودکار برای مقاصد جزایمی. از: Breedlove (صفحه ۱۷۰).

- A58 Safety in the Chemical Laboratory  
Safety Concerns at the Local  
Laboratory Keiteh by Malcolm  
M. Renfrew Keith O. Berry
- A61 The Computer Bulletin Board  
edited by Russell A. Batt
- A64 Out of the Editor's Basket  
edited by James A. Goldman
- A72 Reviews

### شیمی دبیرستان

- ترجمه‌های یونی، حلالیتها و پتانسیلهای کاهش در محلولهای  
آبی از: Stedven O. Russo & George H. Hanania  
(صفحه ۱۴۹).
- جدول تناوبی تهیه شده توسط دانش آموز از:  
Betsy st. John & Gardon Stevens  
(صفحه ۱۵۲).
- محلولهای صاف شده و پسماندها: طرح يك جدول  
تناوبی، نگرشی بر آزمایشگاه از: Mary E. Irons (صفحه  
۱۵۵).
- کنترل سیاهه موجودی يك وسیله ارزان که آسان ساخته  
می‌شود، برای آزمایشهای رسانایی سنجی کمی. از:  
Timothy R. Rettich & Pulin Battino  
(صفحه ۱۶۸).

### Secondary School Chemistry

- 148 Ino Associations, Solubilities, &  
Reduction Potentials in Aqueous  
Solution Steven O. Russo & George  
I. H. Hanania
- 154 Student-Made Periodic Table  
Eetsy St. John & Gordon Stevens
- 155 Filtrates & Residues: Designing a  
Periodic Table: A Laboratory  
Approach Mary E. Irons

- عقیده بحث انگیز. از: Henry K. Van Kyken  
(صفحه ۱۶۵).
- نمایشهای تست شده: جدا کردن کبات از نیکل به روش  
کروماتوگرافی تعویض آنیون از:  
George B. Kauffman & Matthew L. Adams  
(صفحه ۱۶۶).
- نامدها (صفحه ۱۸۲).
- ایمنی در آزمایشگاه شیمی. از:  
Malcolm M. Renfrew
- ملاحظات ایمنی در آزمایشگاه کوچک. از:  
Keith O. Berrey (صفحه ۱۵۸).
- هیأت تحریریه مجله کامپیوتر. از: Russell A. Batt  
(صفحه ۱۶۴).
- بیرون از کشکول سردبیر. از: James A. Goldman  
(صفحه ۱۶۴).
- مقالات مروری (صفحه ۱۷۲).

### Features

- 93 Editorially Speaking
- 111 Concepts in Biochemistry: Nuclear  
Megnetic Resonance Spectroscopy  
in Biochemistry
- 142 ComputerJ Series, 100: Collisional  
Relaxation via Eigenfunction -  
Eigqenvalue Expansion: Analysis of  
a Simple Case Wendell Forst
- 147 Textbook Forum: Confusion in the  
Expressions for Transport  
Coefficients Boyd L. Earl
- 165 Provocative Opinion: A Flea in the  
Bonnet Henry K. Van Eyken
- 166 Tested Demonstrations: The  
Separation of Cobalt from Nickel by  
Anion Exchange Chromatography  
George B. Kauffman & Matthew L. Adams
- 182 Letters

176 Friedel-Crafts Alkylation Using Elemental Aluminum Catalyst: An Undergraduate Laboratory Experiment B. Spencer Meeks & Anita R. Lucas

178 A Simple Method for Spectrophotometric Determination of Two Components with Overlapped Spectra M. Blanco, H. Iturriaga, S. Maspocho, & P. Tarin

181 A Pressure Regulator for Vacuum Distillation Toby J. Sommer

#### یادداشتها

- استفاده دوباره از جعبه‌های پلی‌استری توپ‌تیس. از: Fred H. Greenberg (صفحه ۱۶۷).
- فیلم پلی‌استری بدون هزینه‌ها برای طیف‌نمایی IR. از: D. Fain (صفحه ۱۷۱).
- گیره ارزان PVC برای نگهداشتن سلول IR. از: Eugene J. Mc Devitt (صفحه ۱۷۷).
- یک دستگاه برای محفوظ نگه‌داشتن دمای پایین از: M. Shahid Ansari & M. Saleem (صفحه ۱۸۰).

#### Notes

- 167 Recycling Polyester Tennis Ball Containers Fred H. Greenberg
- 171 Zero-Cost Polystyrene Film for IR Spectroscopy D. Fain
- 177 Inexpensive PVC Infrared Cell Holder Eugene J. Mc Devitt
- 180 A Simple Apparatus for Maintaining Low Temperature M. Shahid Ansari & M. Saleem

168 Inventory Control: An Inexpensive & Easily Constructed Device for Quantitative Conductivity Experiments Timothy R. Rettich & Ruben Battino

#### تجربه‌های آزمایشگاهی

- ضد اکسیدکننده‌ها در پلاستیک؛ یک طرح تجزیه دستگاهی از: Wing Hong Chan, King Sum & Wal Keungyu (صفحه ۱۷۲).
- یک سری از آزمایشهای سنتزی که نشان دهنده اصول فیزیکی شیمی آلی اند. از: Yousry Sayed, Cfris A. Ahinark & Ned H. Martin (صفحه ۱۷۴).
- الکیل‌دار کردن فریدل - کرافتس با استفاده از کاتالیزور آلومینیم عنصری، یک تجزیه آزمایشگاهی دووه لیانس. از: B. Spencer Meeks & Anita R. Lucas (صفحه ۱۷۶).
- یک روش ساده اسپکتروفتومتری برای تعیین دو ترکیب که طیفهای آنها همپوشانی دارند. از: M. Blanco, H. & Iturriaga, S. Maspocho & P. Tarin (صفحه ۱۷۸).
- یک شیر تنظیم فشار برای تقطیر در خلأ. از: Toby J. Sommer (صفحه ۱۸۱).

#### Laboratory Experiments

- 172 Antioxidants in Plastic: An Instrumental Analysis Project Wing Hong Chan, King Sum Lam, & Wai Keung Yu
- 174 A Series of Synthetic Organic Experiments Demonstrating Physical Organic Principles Yousry Sayed, Chris A. Ahlmark, & Ned H. Martin



پرسشنامه

سلام

نام خانوادگی ..... استان ..... شهرستان ..... شغل .....  
 آدرس محل کار ..... تلفن منزل .....  
 آدرس محل کار ..... تلفن منزل .....

۱- بالاترین مدرک تحصیلی ..... رشته تحصیلی ..... رشته تخصصی ..... از چه دانشگاهی فارغ التحصیل شده اید؟ .....

- ۲- سابقه تدریس در دبستان  راهنمایی  دبیرستان  هنرستان  مدارس عالی و دانشگاهها
- ۳- چند سال شیمی تدریس کرده اید؟

۴- در کدام مقطع تحصیلی، شیمی تدریس کرده اید؟ دبیرستان  هنرستان  مدارس عالی و دانشگاهها

۵- مقاله های مجله رشد آموزش شیمی، در مجموع از نظر آموزش، با مطالب کتب شیمی دبیرستان و مطالب علمی مربوط به کتاب علوم تجربی دوره راهنمایی تحصیلی تا چه اندازه مربوط است؟ کامل  متوسط  ضعیف

۶- به نظر شما این مجله تا چه حد کمبودهای کتاب معلم (راهنمای تدریس) را جبران می کند؟ کامل  تا اندازه ای

۷- به نظر شما غیر از معلمان شیمی، دیگران هم می توانند از این مجله بهره گیرند؟ بلی  خیر  در صورت پاسخ بلی، چرا؟ .....

۸- کدام زبان خارجی را خوب می دانید و می توانید در ترجمه آن به زبان فارسی موفق باشید؟ .....

۹- آیا مقاله های مجله رشد آموزش شیمی می تواند برخی از مشکلات شما را در علم شیمی حل کند، چگونه؟ .....

۱۰- این مجله از نظر كمك به آموزش شیمی در دبیرستان چه كمبودهایی دارد؟

۱۱- در صورت داشتن تألیفات، نام و موضوع آنها را بنویسید.

۱۲- چه شماره‌هایی از مجله رشد آموزش شیمی را تا کنون مطالعه کرده‌اید؟

۱۳- کدام مقالات به نظر شما مفیدتر بوده است (با ذکر نام مقاله)؟

۱۴- درج چه مقالاتی را در مجله مناسب می‌دانید؟ به چه دلیل؟

۱۵- چنانچه مشترك مجله رشد آموزش شیمی می‌باشید، آخرین شماره مجله و تاریخ دریافت آن را ذکر کنید.

۱۶- به نظر شما مجله رشد آموزش شیمی باید، به چه موضوعاتی، بیشتر پردازد؟

۱۷- علاقه معلمان شیمی به مطالعه این مجله در چه حدی است؟

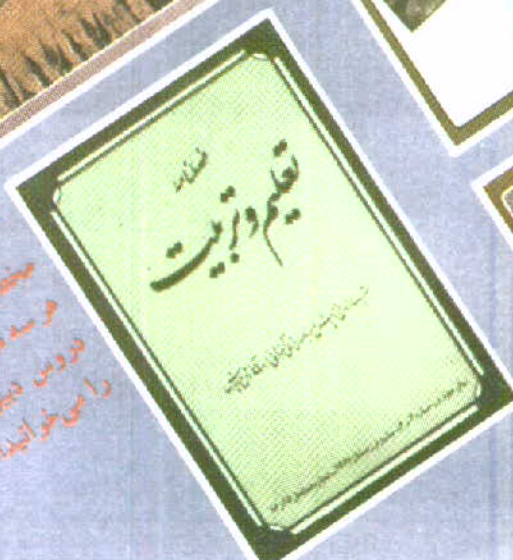
**پیشنهادات و نظرات:**

New periods	Shells and subshells	Groups:											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
		Electrons:											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	1 s	1 H	2 He										
2.	2 s	3 Li	4 Be										
3.	2 p			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne				
	3 s	11 Na	12 Mg										
4.	3 p			13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar				
	4 s	19 K	20 Ca										
5.	3 d			21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
	4 p			31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
	5 s	37 Rb	38 Sr										
6.	4 d			39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd
	5 p			49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				

پایه اتمی برای خواص تناوبی

تناوبهای تازه

لایه زیر لایه (لایه فرعی)



این کتاب  
مختص آموزش دبیران و دانشجویان است  
و به کمک آن می‌توانید روش تدریس خود را  
بهترین و بهترین روش تدریس کنید.

این کتاب  
مختص آموزش دبیران و دانشجویان است  
و به کمک آن می‌توانید روش تدریس خود را  
بهترین و بهترین روش تدریس کنید.