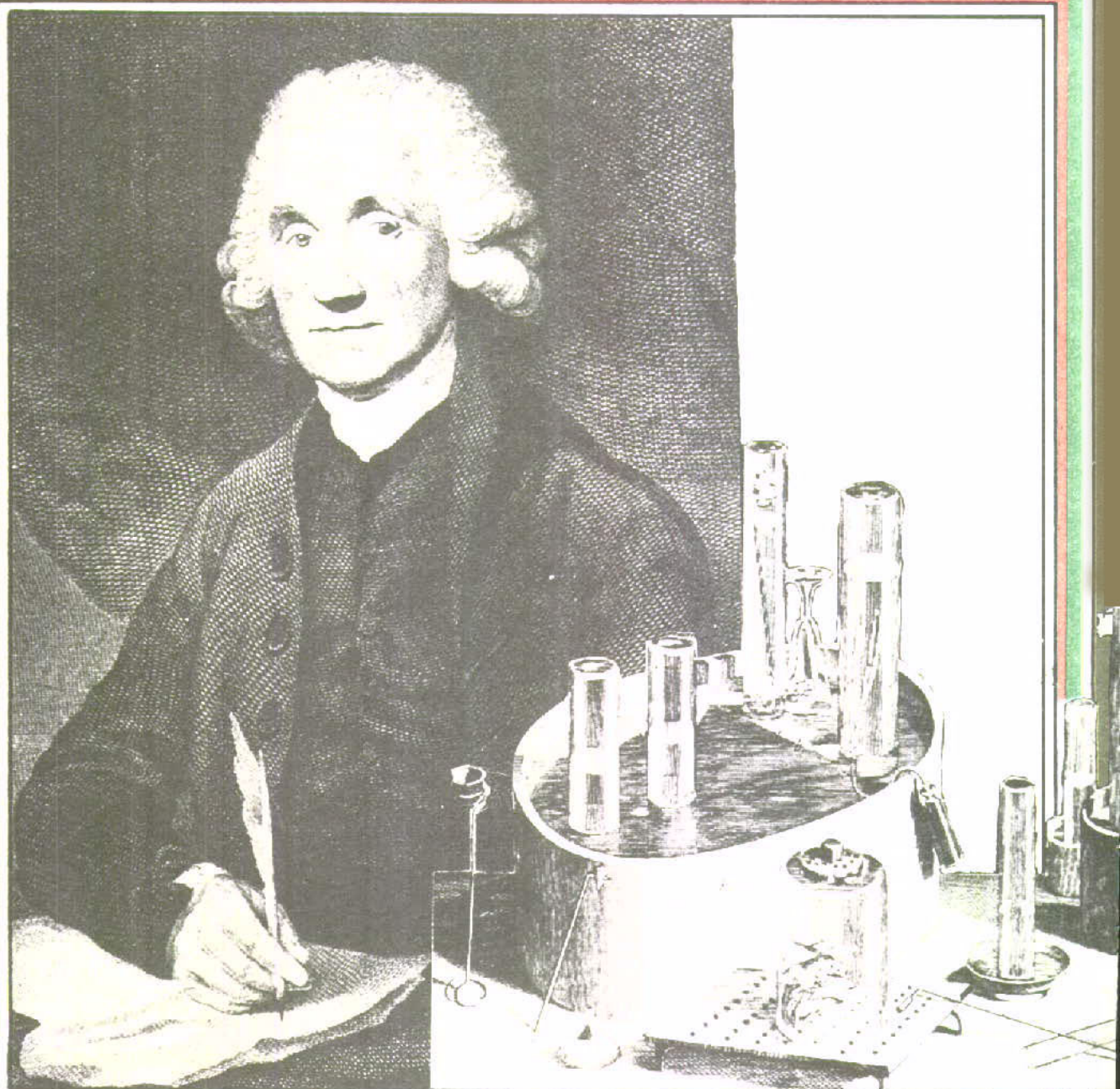
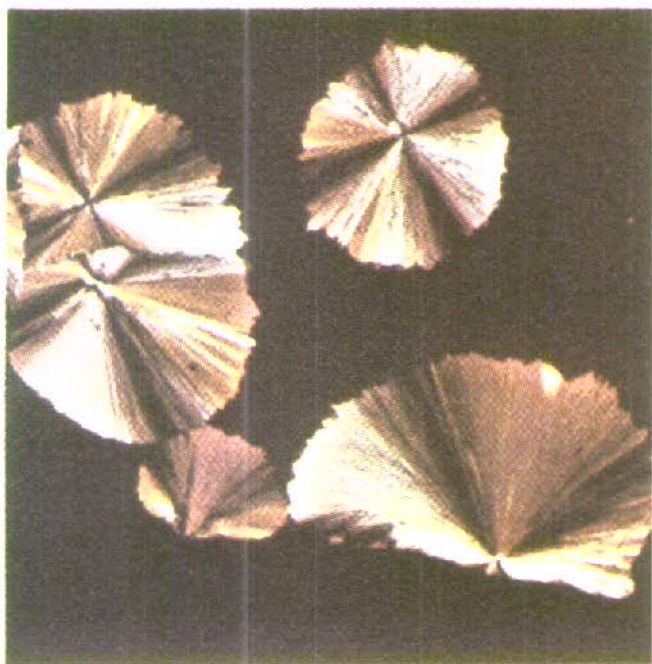


# رشد آموزش شیمی

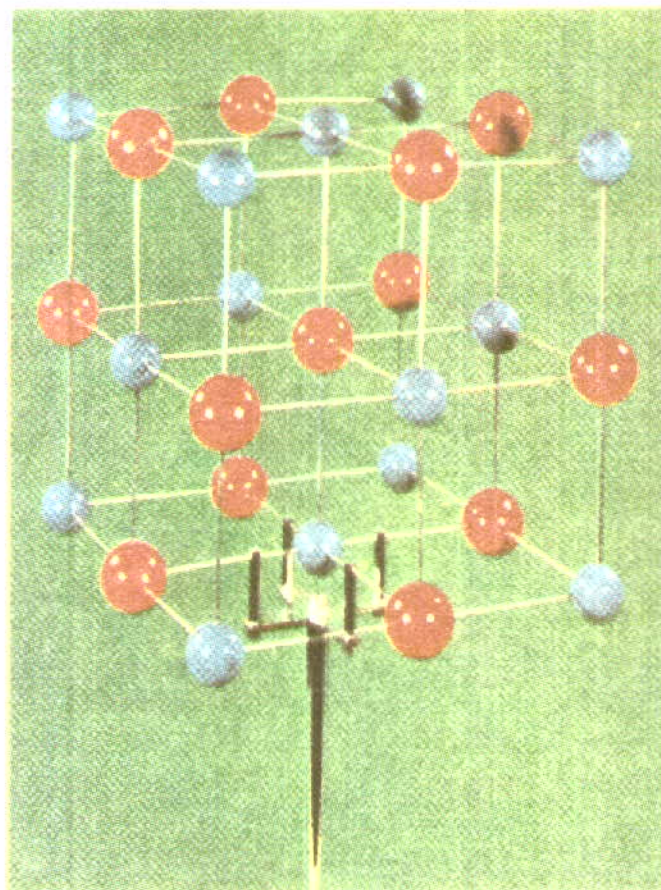
پیاپی ۱۰۰ ریال

سال چهارم - زمستان ۱۳۹۶ - شماره مسلسل ۱۴



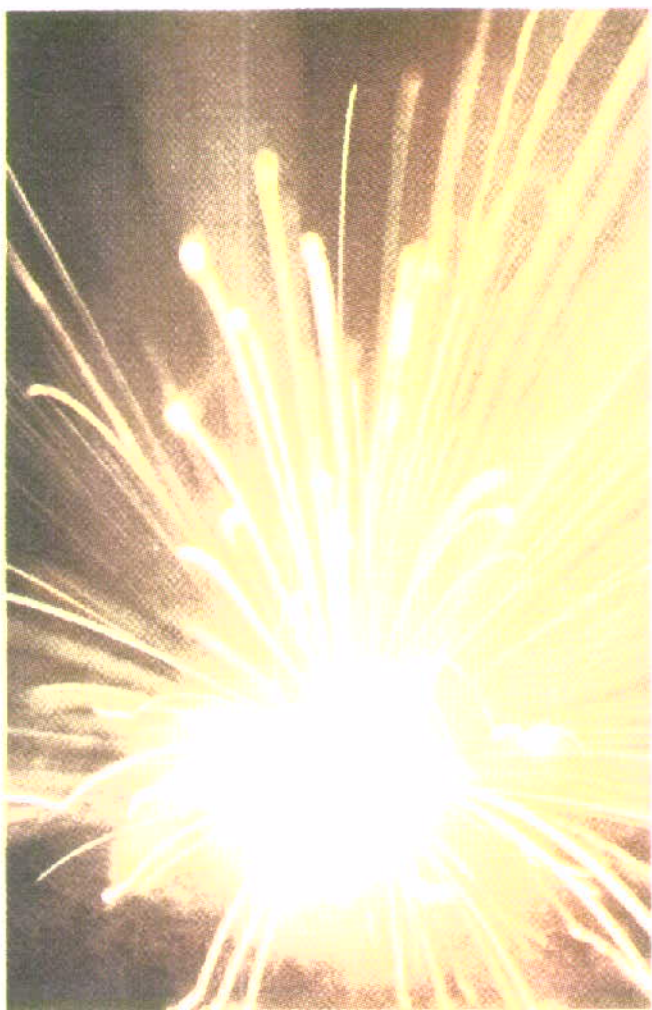


بلورهای میکروسکوپی استات کبالت (11) که صد برابر بزرگ شده و با اشعه پُلاریزه از آن عکس‌برداری شده است.



ساختار بلوری کلرید سدیم

سوختن سدیم با تولید شعله شدید و رنگ زرد همراه است.



بلورهای نمک طعام (کلرید سدیم)



## رشد آموزش شیمی

سال چهارم - زمستان ۱۳۶۶ - شماره مسلسل ۱۴  
 نشریه گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف  
 کتابهای درسی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی  
 نشانی: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴  
 وزارت آموزش و پرورش تلفن ۴ - ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۲)

سر دبیر : سید رضا آقا پورمقدم

تولید : واحد مجلات رشد تخصصی

صفحه آرا: علی نجمی

### پیشگفتار

#### ایمان

... و من يتبدل الكفر بالايمن ففضل

قرآن کریم سوره بقره آیه ۱۰۸

ایمان، اعتقاد درونی و قلبی آدمی است. ایمان به انسان توانایی می‌دهد که در برابر ناملایمتها و عوامل بازدارنده سخت کوش باشد. ایمان به خدا و روز قیامت عالی‌ترین و کامل‌ترین ایمان است، زیرا انسان را با تقوی می‌کند، از گناه کردن باز می‌دارد، از اخلاق ناپسند دور می‌کند و بیه راه راست می‌کشانند. در قرآن کریم چنین آمده است: «... و هر کس ایمان را به کفر مبدل کند بی‌شک راه راست را گم کرده است». درباره اهمیت ایمان گفتنی‌ها فراوان است. در این زمینه دانشمندانی را می‌شناسیم که به کارهای علمی خود، ایمان داشتند. مثلاً پیروزی آرنیوس (Arrhenius) شیمی‌دان سوئدی، فقط از آن جهت که وی دانشمندی برجسته بود، حایز اهمیت نیست، بلکه بیشتر از جهت ایمانی است که به درستی نظریه خود (نظریه یونیزاسیون) داشت. به نظر آرنیوس آنچه که وی درباره خواص الکتریکی محلولهای آبی در یافته بود، از اندیشه‌های معاصرانش پیش‌رفته‌تر بود. چنانچه ایمان و اعتقادی به درستی اندیشه خود نداشت و در برابر مخالفان خود پایداری نمی‌کرد، هرگز کامیاب نمی‌شد. سرانجام توانست در اثر همین تلاش و ایمان در ۱۹۳۰ میلادی نخستین جایزه نوبل در شیمی را بگیرد، اینجا است که ارزش ایمان در هر مورد آشکار می‌شود. درباره ایمان از حضرت علی علیه‌السلام پرسیدند و آن حضرت پاسخ فرمودند که ایمان دارای چهار نهاد صبر، یقین، عدل و جهاد است. و نیز امام خمینی رهبر بزرگ جهان اسلام فرمودند که: - ملت ما با دست خالی و با ایمان و توکل به خدا قیام کرده و پیروز شد.

- نهضت را با حفظ ایمان و وحدت کلمه به پیش ببرید.

مجله رشد آموزش شیمی هر سه ماه یک بار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و آشنایی آنان با شیوه‌های صحیح تدریس شیمی منتشر می‌شود.

### فهرست

پیشگفتار	سر دبیر	۳
پرستلی	سید رضا آقا پورمقدم	۴
مروری بر مفاهیم ظرفیت و عدد اکسایش عناصر		
دکتر محمد رضا ملاردی		۸
شیمی و زندگی	دکتر علی سیدی	۲۶
چند مطلب درباره فلزات واسطه	دکتر منصور عابدینی	۳۴
واکنشهای پیوند شیمیایی انرژی زا	دکتر حسین آقائی	۴۲
آشنایی با عوامل حملات شیمیایی و...	شعبانعلی بینش	۴۷
شناساگرهای خوراکی برای اسید و باز		
دکتر عیسی یاوری		۵۰
روشهای کلی حل مسائل شیمی	سید جلال امیر آقایی	۵۲
دستور ساخت سلسله وسایل آزمایشگاه شیمی		
۰.۲. نوروزیان		۵۵
امتحان گزینش دانشجو	گروه شیمی	۵۶
تمرینهایی برای حل (آموزش تلویزیونی) گروه شیمی		۵۹
پاسخ کتلهای شیمی رشته تجربی	حسام امینی	۶۰
معرفی کتاب		۶۳ و ۶۷
آشنایی با کارخانه سنگ کوبی و کارخانه...		
ابوطالب عبدالشاه		۶۴
فرم درخواست شرکت در کنفرانس		۶۶

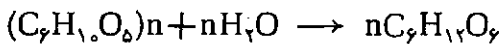


# پریستلی، جوزف

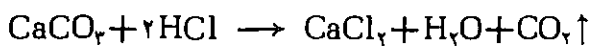
Priestley, Joseph

سید رضا آقا پور مقدم

فرانسه و لاتین و اصول برخی زبانهای دیگر را فرا گرفت و در اثر تشویق عمه‌اش که زنی خداپرست و اندیشمند بود به گروه روحانیون پیوست. در ۱۷۵۵ به مقام کشیشی رسید. در لیدن در کلیسایی مشغول به کار شد و در ضمن به مطالعه و بررسی گازها پرداخت. خانه‌اش در نزدیکی کارخانه آبجوسازی بود، بوی حاصل از تخمیر در سراسر خانه‌اش پخش می‌شد. وی برای پژوهش در زمینه گازها از این کارخانه آبجوسازی دیدن کرد و مشاهده کرد که گازی به مقدار فراوان از فرایند تخمیر تولید می‌شود، علاقه‌مند و مصمم شد آن را آزمایش کند:



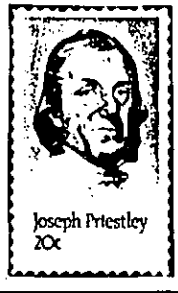
وی این گاز را نفی شناخت. این گاز را از ریختن اسید بر سنگ آهک به دست آورد، به بی‌زیان بودن آن پی برد و آن را در



آب حل کرد، آب به دست آمده را نوشید و آن را خوش مزه (ترش‌مزه) یافت. وی به این محلول اندکی شکر و مواد مطر

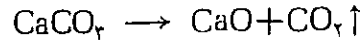
- اکسیژن را کشف کرد و با آزمایش نشان داد که این گاز توسط گیاهان تولید می‌شود و جانوران آن را مصرف می‌کنند.
- پایه‌گذار صنعت نوشابه‌های غیر الکلی است.
- از طرفداران نظریه فلوریستون (Phlogiston) بود.
- طرفدار جدی مکتب توحید بود و درباره خداشناسی بسیار مطالعه کرد.

حکیم الهی، فیلسوف و شیمیدان انگلیسی، در ۱۳ مارس ۱۷۳۳ در بخش فیلدهد (Fieldhead) نزدیک شهر لیدز (Leeds) زاده شد. پدرش پیشه بافندگی داشت. در هفت سالگی مادرش درگذشت و از مهر مادری محروم ماند. در خردسالی وضع مزاجی خوبی نداشت. عمه‌اش سرپرستی وی را به عهده گرفت. پریستلی در محیطی بزرگ شد که گفتگوهای مذهبی در آن آزاد بود. در ۱۲ سالگی زبان عربی و علوم الهی را آموخت و در جوانی منطق، فلسفه و زبانهای

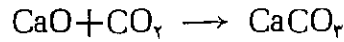


افزود و از آن نوشابه جوشدار تهیه کرد و به همین سبب به پدر و پایه گذار صنعت نوشابه سازی غیر الکلی مشهور است. از آن پس آب سودا دار و انواع نوشابه های گازدار متداول شده این گاز به هوای ثابت پرستلی (Priestley's fixed air) مشهور است.

بلک (Black) شمیمدان اسکاتلندی، سنگ آهک را گرما داد و به آهک مبدل کرد.

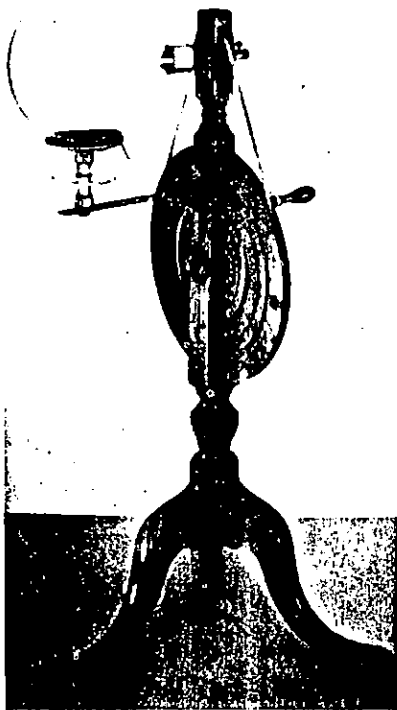


در این عمل گاز سنگینی آزاد شد، وی آن را «هوای تثبیت شده» نامید، «هوای تثبیت شده» می توانست با آهک زنده ترکیب شود و دوباره کربنات کلسیم به دست آید:

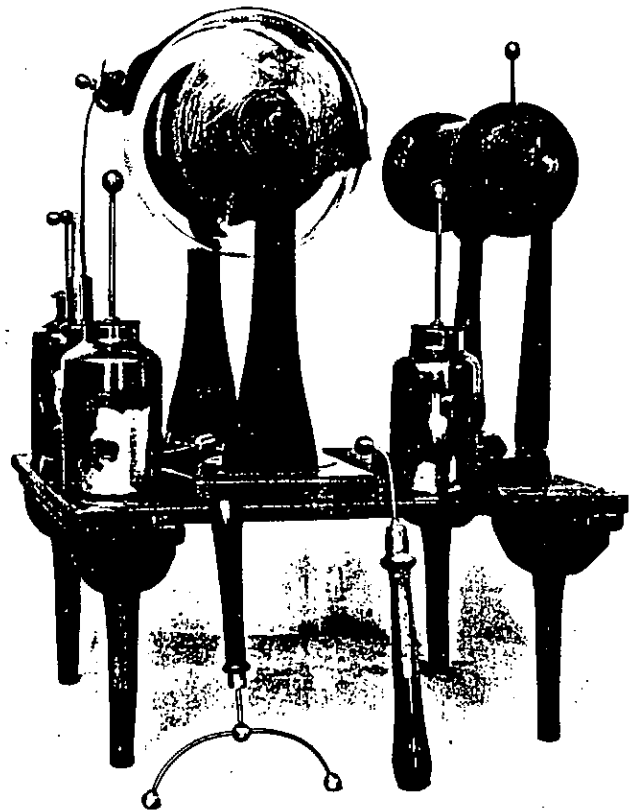


بدین گونه معلوم شد که ماده جامد ممکن است گازی را در خود

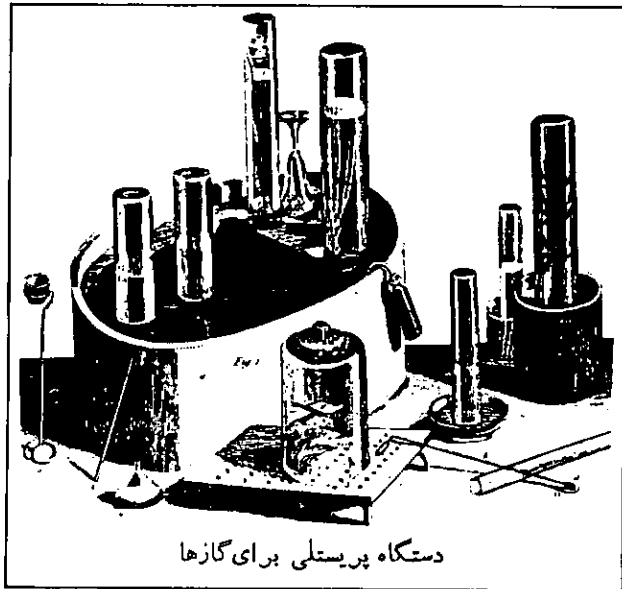
تثبیت کند. گاز مورد نظر همان دی اکسید کربن (گاز کربنیک) است. پرستلی پس از مدتی با کلیسای پروتستان اختلاف سلیقه پیدا کرد و از آنجا رانده شد و گوشه نشینی را برگزید و در ضمن به پژوهشهای علمی شیمی پرداخت. در ۱۷۶۶ بنجامین فرانکلین (Franklin) سیاستمدار و دانشمند آمریکایی را ملاقات کرد. وی پرستلی را به مطالعه الکتریسیته تشویق کرد او چنان شیفته این موضوع شد که دو سال بعد کتاب تاریخ و وضعیت کنونی الکتریسیته (یا تاریخ برق) را به نگارش درآورد.



ماشین کره الکتریکی پرستلی (حدود ۱۷۶۹) کره شیشه ای توسط بالشتک پایین خود مالش داده و باردار می شود.



ماشین استوانه الکتریکی پرستلی.



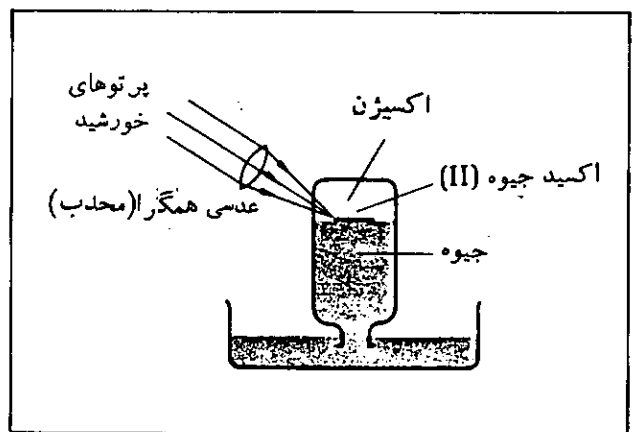
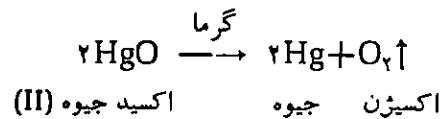
دستگاه پریتسلی برای گازها

ظرف بزرگ، تشت تهیه گاز است و درون ظرفهای وارونه، موش و يك گیاه وجود دارد. وی دریافت که موش با هوای جدید بیشتر از همان مقدار هوای معمولی زنده می ماند.

از آنجا که وی از طرفداران جدی نظریه فلوزیستون (نظریه فلوزیستون در شماره ۱۵) بود آن را هوای بی فلوزیستون (Dephlogisticated) یا هوای غیر قابل اشتعال و سوختن نامید. پریتسلی پژوهش در این باره را از ۱۷۷۵ آغاز کرد و در ۱۷۷۴ توانست نخستین بار این گاز را تهیه کند. وی مقداری از این گاز را در شیشه ای که شمعی روشن در آن می سوخت داخل کرد و واقعیت شگفت آوری را مشاهده کرد که در این باره چنین وصف کرده است: «دیدم که شمع در این هوا با شعله ای قوی و بلند می سوزد. هرگز نظیر این کیفیت را با هیچ يك از انواع دیگر هوا ندیده بودم، شمع، زیبا و آرام می سوخت. تکه چوبی آتشین را که نوک آن قرمز بود، در همین هوا داخل کردم، به سرعت گر گرفت و سوخت.» شله (Scheele) شیمیدان سوئدی دو سال پیش از پریتسلی توانسته بود اکسیژن را تهیه کند و در این باره مطلبی نوشته بود و این گاز را هوای آتش نامیده بود. به عللی چاپ مطالب وی به تأخیر افتاد، تا این که پریتسلی شرح کشف خود را منتشر کرد و کاشف اکسیژن شناخته شد.

پریتسلی کشف خود را با لاووازیه (Lavoisier) شیمیدان فرانسوی که وی نیز در این زمینه سرگرم پژوهش بوده، در میان گذاشت و از ماهیت آن گفت. پریتسلی يك سال پس از

پریتسلی ازت (نیتروژن) را کشف کرد و آن را هوای فلوزیستون دار نامید. در اثر این کشفها به دریافت مدال کاپلی (Copley) نائل آمد. در آن زمان برای جمع آوری گاز تولید شده در تغییر شیمیایی لازم بود که جابه های گاز را در ظرف پر از آب وارد کند که این ظرف وارونه در داخل تشت قرار داشت. به تدریج که گاز به درون ظرف وارد می شود، آب از ظرف خارج می شود و بر بالای آن جا می گیرد (روش جمع آوری گاز روی آب). وی دریافت که در موارد خاصی گازها به جای جمع شدن، در آب حل می شوند و اگر او بخواهد مطالعات خود را در باره ویژگی گازهای خالص دنبال کند، باید روش جمع آوری آنها را اصلاح کند. وی به جای آب، جیوه را برگزید و موفق شد. پریتسلی گرد اکسید جیوه (II) (اکسید مرکوریک) سرخ رنگ را با پرتوهای خورشید که به کمک يك عدسی متمرکز شده بود، گرما داد و دریافت که گازی از آن آزاد می شود و این گاز شعله را از خاموش شدن باز می دارد:



پریتسلی نخستین بار از تجزیه اکسید جیوه (II) با گرم کردن توسط پرتوهای خورشید، اکسیژن را به دست آورد.

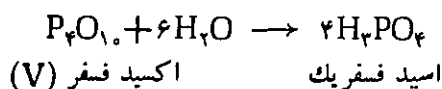
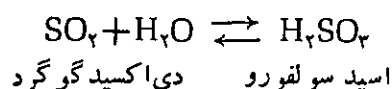
نور و برق به بررسی و پژوهش پرداخت. به تنفس گیاهان پی برد. در ۱۷۷۲ کتابی به نام نظریه‌ها درباره انواع گیاهان منتشر کرد و درباره تنفس گیاهان به پژوهشهایی پرداخت. در کتاب الکتریسیته خود حلقه مشهور به حلقه پرستلی را که در نتیجه خلاء الکتریکی بر سطح‌های فلزی تشکیل می‌شود، توجیه کرد. نظریه‌ها و تجربه‌های فراوانی داشت که آنها را در سه جلد کتاب، تحت عنوان «تجربه‌ها و مشاهده‌ها در باره مواد گوناگون» (Experiments & observations on different Kinds of matters) تألیف کرد. وی با انقلابیون فرانسه هم‌دم بود و همراه بود و این همدردی و همکاری سبب شد که در غروب ۱۴ جولای ۱۷۹۱ مورد هجوم گروهی که توسط عامل‌های جورج سوم، پادشاه وقت تحریک شده بودند، قرار گیرد تا جایی که نمازخانه و خانه‌اش را تاراج کردند و آتش زدند، در این گیرودار یادداشت‌هایش از بین رفت و به تعقیب خود پرستلی پرداختند. چون درباره اظهار عقیده‌های خود آزادی نداشت به ناچار با خانواده‌اش چند دقیقه پیش از رسیدن مأموران دولتی، با یک درشکه فرار کرد. آنها یک هفته آواره و سرگردان بودند تا توانستند به لندن برسند. پرستلی در ۱۷۹۴ از لندن به آمریکا کوچ کرد. و در آنجا کشتزار کوچکی تهیه کرد و گوشه‌نشینی را برگزید و سرانجام در فوریه ۱۸۰۴ در نورثامبرلند (Northumberland) پنسیلوانیا درگذشت.

### منابع:

- ۱- آشنایی مختصر با تاریخ علوم، از دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی درسی
- ۲- An Introduction to Modern Chemistry by D. Abbott, Ph. D.
- ۳- Organic Chemistry by P. J. Durrant, M. A., Ph. D.
- ۴- Grand Larouse Encyclopédique. (8)
- ۵- Journal of Chemical Education (Decembre 1986).
- ۶- Burning, Chemistry Background Book, Nuffield Foundation.
- ۷- Illustrated Science & Invention Encyclopedia, Volumes 12, 13, 16, 21.
- ۸- Illustrated World of Science Encyclopedia, Volumes 10, 20.

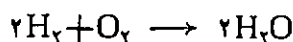
ملاقات با لاووازیه در پاریس، به نکته‌ای جدید پی برد و آن این بود که این هوای جدید برای تنفس مناسب است. وی احساس خود را پس از تنفس آن چنین وصف کرد: «پنداشتم که سینه‌ام برای مدتی پس از تنفس به طرز ویژه‌ای احساس سبکی می‌کند. چه کسی می‌داند، چه بسا ممکن است بهره‌گیری از این هوای خالص در آینده متداول شود. تا کنون تنها دو موش و خود من امتیاز تنفس آن را داشته‌ایم.» امروز اکسیژن خالص در اکسیژن درمانی (Oxygen therapy) و ازن به فرمول مولکولی  $O_3$  که یکی از آلوتروپهای اکسیژن است، در ازن درمانی (Ozon therapy) کار برد دارد.

لاووازیه به نقش اکسیژن در تنفس، فرایند اکسید شدن و واکنشهای شیمیایی پی‌برده‌وی مشاهده کرد که گوگرد و فسفر با سوختن در اکسیژن موادی تولید می‌کنند که محلول آنها در آب خاصیت اسیدی دارند. لاووازیه چند سال پس از کشف این ماده آن را اکسیژن که در یونانی به معنی ترش کننده (اسیدساز) است، نامید.



به این ترتیب شیمی‌دانان به ویژه لاووازیه در آزمایشهایی با اکسیژن، نتایجی به دست آوردند که با نظریه فلوزیستون سازگاری نداشت، از این رو این نظریه پس از حدود یک قرن با موانع اساسی روبرو شد و سرانجام پذیرفته نشد و به فراموشی سپرده شد.

پرستلی با همکاری کوندیش (Cavendish) شیمی‌دان، فیزیک‌دان و کشیش انگلیسی نشان داد که آب از سوختن هیدروژن به دست می‌آید:



وی گاز کلرید هیدروژن ( $HCl$ )، دی‌اکسید گوگرد (گاز سولفورو  $SO_2$ )، گاز آمونیاک ( $NH_3$ )، تیدرید کلسیم ( $CaH_2$ )، گاز سولفید هیدروژن ( $H_2S$ )، اتیلن ( $C_2H_4$ ) و پنتوکسید نیتروژن (اکسید ازتیک  $N_2O_5$ ) را نیز کشف کرد. درباره خواص اسید سولفوریک (جوهر گوگرد  $H_2SO_4$ )، اسید کلریدریک (جوهر نمک، محلول  $HCl$  در آب) و ایجاد

# مروری بر مفاهیم ظرفیت و عدد اکسایش عناصر

دکتر محمدرضا ملاردی  
استاد دانشگاه تربیت معلم

این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی سال اول، دوم و سوم علوم تجربی، ریاضی و فیزیک و کتاب شیمی سال دوم هنرستان و کتاب شیمی سال دوم دبیرستان آموزش بازرگانی و حرفه‌ای بهداشتی می‌باشد.

تیدروژن و هراتم کربن (که از اتمهای اکسیژن و نیتروژن سبکتر است) با چهار اتم تیدروژن می‌تواند ترکیب شود؟ قابل توجه است که نظریه دالتون راه‌گشای حل این مسئله نبود. تا اینکه اولین بار در سال ۱۸۵۲، فرانکلند (E. Frankland، دانشمند انگلیسی) موضوع گنجایش ترکیب شدن شیمیایی (Chemical Combining Capacity) یا توان ترکیب شدن (Combining Power) عناصر را بدین معنی مطرح ساخت که اتم هر عنصر در ترکیب شدن با اتم عناصر دیگر، گنجایش و توان معینی دارد. این مفهوم بعدها بنام ظرفیت (Valency) عناصر متداول شد.

## ۱-۲- معیار اولیه ظرفیت عناصر

فرانکلند برای اینکه به ظرفیت عناصر جنبه کمی بدهد، عنصر تیدروژن را مبنا، ظرفیت اتم آن را برابر واحد و ظرفیت عناصر دیگر را برابر تعداد اتمهای تیدروژنی در نظر گرفت که با هر اتم آن عناصر می‌تواند ترکیب شود و یا در ترکیبات جای آنها را می‌تواند بگیرد. در مورد عناصری که با تیدروژن میل ترکیبی ندارند، اتمهای عناصر یک ظرفیتی

## ۱- ظرفیت

### ۱-۱- تاریخچه

دالتون دانشمند انگلیسی، در نظریه اتمی خود (که آن را در سال ۱۸۰۵ تنظیم و در سال ۱۸۰۷ منتشر کرده بود)، موضوع ترکیب شدن عناصر با یکدیگر و تشکیل مواد مرکب را مطرح ساخته بود. برزیلیوس دانشمند سوئدی در سال ۱۸۱۳ بر اساس قانون ترکیب حجمی گازها که توسط گیلوساک (J. L. Gay Lussac) دانشمند فرانسوی، کشف شده بود) توانست برای اولین بار فرمول شیمیایی موادی چون آب، آمونیاک، متان و... را به صورتی که امروزه متداول است (یعنی  $H_2O$ ،  $CH_4$ ،  $NH_3$  و...) به دست آورد. به دنبال این کشفیات، مسایل تازه‌ای، از جمله این مسئله که چرا مثلاً هر اتم اکسیژن (با وجود اینکه سنگینتر از اتمهای نیتروژن و کربن است) فقط با دو اتم تیدروژن، در صورتی که هر اتم نیتروژن با سه اتم



جدول ۱

فرمول کلی اکسید عناصر	$MO_4$	$M_2O_3$	$MO_2$	$M_2O_5$	$MO_3$	$M_2O_7$	$MO_2$	$M_2O$
مثال	$(O_8S_4)$	$Cl_2O_7$	$SO_3$	$P_2O_5$	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$MgO$	$Na_2O$
بالاترین ظرفیت عناصر	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

دیگر مانند فلور، کلر و یا اتم عنصر دو ظرفیتی مانند اکسیژن را به جای اتم تیدروژن، معیار تعیین ظرفیت عناصر قرار داده بود. مثلاً، با توجه به فرمول  $AgCl$  و  $CuO$  و  $PtF_4$ ، ظرفیت نقره، مس و پلاتین را به ترتیب برابر ۱، ۲ و ۴ در نظر گرفته بود.

### ۱-۳- تغییر پذیری ظرفیت عناصر

قابل توجه است که در ترکیبات دوتایی تیدروژن دار که در آنها تعداد اتمهای تیدروژن معیار محاسبه ظرفیت قرار می گرفت، ظرفیت هر عنصر مقدار مشخص و ثابتی بود و هرگز از چهار تجاوز نمی کرد. یعنی عنصری شناخته نشده بود که هر اتم آن بتواند با بیش از چهار اتم تیدروژن ترکیب شود. مثلاً هر اتم کلر حداکثر با یک اتم تیدروژن ( $HCl$ )، هر اتم نیتروژن حداکثر با سه اتم تیدروژن ( $NH_3$ ) و یا هر اتم کربن حداکثر با چهار اتم تیدروژن ( $CH_4$ ) می تواند ترکیب شود. ولی هنگامی که ترکیبات عناصر با کلر و اکسیژن مورد توجه و بررسی و دسته بندی قرار گرفت، فرانکلند، متوجه شده بود که ظرفیت عناصر را نمی توان همواره ثابت در نظر گرفت، بلکه کمیتی قابل تغییر است. به بیانی دیگر، بسیاری از عناصر در ترکیبات مختلف خود، می توانند دارای چند ظرفیت متفاوت باشند.

بدیهی است که در آن زمان، چون هنوز ساختار الکترونی اتمهای عناصر شناخته نشده بود، علت اینکه چگونه یک اتم معین می تواند، ظرفیت متغیر داشته باشد، روشن نشده بود. بلکه بعد از کشف ساختار الکترونی اتم توسط بوهر (N. Bohr)، دانشمند دانمارکی) در سال ۱۹۱۳ بود که

دست یافتن به پاسخ این پرسش، امکان پذیر شد. قابل توجه است که مندلیف در کشف قانون تناوبی (همزمان با لو تارمیر آلمانی) و تنظیم جدول تناوبی عناصر، علاوه بر جرم اتمی، با تکیه بر اصل تشابه خواص عناصر، تغییرات ظرفیت عناصر را مورد توجه و استفاده قرار داده بود. یعنی دریافته بود که هر گاه عناصر به ترتیب صعودی جرم اتمی در نظر گرفته شوند، بالاترین ظرفیت آنها در ترکیبات به طور تناوبی می تواند از ۱ تا ۸ تکرار شود. مثلاً، در مورد اکسیدهای عناصر به نتایجی که نمونه ای از آن در جدول ۱ نشان داده شده است، دست یافته بود.

بر همین اساس بود که عناصر را در جدول تناوبی به ۸ گروه تقسیم کرده بود.

### ۱-۴- مفهوم الکترونی ظرفیت عناصر

هنگامی که بوهر نظریه اتمی خود را (بر اساس نظریه کوآنتومی تابشهای الکترومغناطیسی که توسط پلانک و اینشتین بین سالهای ۱۹۰۰ تا ۱۹۰۵ ارائه شده بود، و استفاده از نتایجی که در مورد طیف نشری اتم تیدروژن به دست آمده بود) انتشار داد و در آن مدل لایه ای (Shell model) را برای قشر الکترونی اطراف هسته پیشنهاد کرده بود، معلوم شد که برخلاف نظر رادرفورد، الکترونها به تعداد معین، در لایه هایی که معرف فاصله و انرژی معین و ثابتی اند (لایه ها یا مدارهای مجاز) در اطراف هسته اتم در حال چرخشند. کمی بعد (در سال ۱۹۱۴) سامرفلد به تکمیل نظریه بوهر پرداخت یعنی با در نظر گرفتن مسیره های بیضی شکل برای حرکت الکترون، ثابت کرد که هر لایه الکترونی (که از آن پس سطح

اساس، مفهومی جدید، یعنی «مفهوم الکترونی» برای ظرفیت، جای مفهوم قدیمی آن (که توسط فرانکلند ارائه شده بود) را گرفت که بر اساس آن:

«ظرفیت هر عنصر در یک ترکیب، برابر تعداد الکترونهاست که هر اتم آن برای تشکیل آن ترکیب تبادل می کند تا لایه خارجی اتم آن که از آن پس لایه ظرفیت (Valence shell) نامیده شده است، به ۸ برسد (یادارای آرایش الکترونی گاز بی اثر شود).

#### ۱-۵- مفهوم ظرفیت الکتریکی یا الکترووالانس

می دانیم که کاسل (Kossel) در سال ۱۹۱۶ بر اساس قاعده ۸ تایی لوئیس، نظریه پیوند یونی را به منظور توجیه چگونگی ترکیب شدن عناصر با یکدیگر ارائه داد. بر اساس این نظریه، علت و چگونگی ترکیب شدن اتمهای دو یا چند عنصر با یکدیگر را این طور می توان توجیه کرد که اتمی (با کمتر از چهار الکترون در لایه ظرفیت) یک یا چند الکترون از لایه ظرفیت خود را از دست می دهد و به یون مثبتی با آرایش الکترونی گاز بی اثر قبل از خود در جدول تناوبی تبدیل می شود. اتم دیگر (که تعداد الکترونها لایه ظرفیت آن به عدد ۸ نزدیکتر است)، آن الکترونها را جذب می کند و به یون منفی با آرایش الکترونی گاز بی اثر بعد از خود در جدول تناوبی تبدیل می شود. در نتیجه، بر اثر جاذبه الکتروستاتیکی حاصل بین بارهای الکتریکی ناهمنام، این دو نوع یون یکدیگر را جذب می کنند. به بیان دیگر، بین آنها پیوندی یونی به وجود می آید و یا ترکیبی یونی تشکیل می دهند. با چنین نگرشی، برای عناصر، ظرفیتی که به «ظرفیت الکتریکی» یا الکترووالانس (Electrovalency) موسوم شده است، در نظر گرفته شد و آن برابر تعداد الکترونهاست که هر اتم از یک عنصر در یک واکنش شیمیایی از دست می دهد و یا جذب می کند تا به یونی با آرایش گاز بی اثر تبدیل شود. به عنوان مثال، در تشکیل کلرید سدیم، هر اتم سدیم یک الکترون از دست می دهد و به  $\text{Na}^+$  تبدیل شده و هر اتم کلرید یک الکترون جذب می کند و به  $\text{Cl}^-$  تبدیل می شود، سدیم با الکترووالانس ۱+ و کلر با الکترووالانس ۱-، در واکنش شرکت می کند. یا در مورد تشکیل کلرید کلسیم، چون هر اتم کلسیم دو الکترون از دست داده و به  $\text{Ca}^{2+}$  تبدیل شده و هر

انرژی یا تراز اصلی انرژی نیز نامیده شد)، می تواند چند تراز فرعی انرژی را شامل باشد. بعدها نیز بر اساس شواهد تجربی (اثر زیمن Zeemann Effect، یا ساختار ظریف خطوط طیفی) معلوم شد که هر تراز فرعی تعداد معینی اوربیتال را دربر دارد و هر اوربیتال می تواند دو الکترون را در خود جای دهد. از این رو، روشن شده بود که هر لایه الکترونی با تعداد معینی از الکترونها پر می شود.

می دانیم که با پژوهشهای پی گیری که بین سالهای ۱۸۹۲ تا ۱۸۹۸ توسط رامسی (W. Ramsay)، رایل (Rayley) و تراورس (Travers)، صورت گرفته بود، گازهای بی اثر کشف شده بودند (البته غیر از رادون که در ۱۹۰۰ توسط دورن، Dorn کشف شد). بررسی خواص این گازها، این واقعیت را روشن ساخته بود که از نظر شیمیایی هیچ نوع فعالیتی ندارند به بیانی دیگر، ظرفیت شیمیایی آنها برابر صفر است (می دانیم که سالهای زیادی از آن زمان گذشته بود تا اینکه در ۱۹۶۲ بارثولت، Bartholet، کانادایی، برای اولین بار به فعالیت شیمیایی این گازها به ویژه زنون Xe پی برد). از طرفی دیگر، بررسیها نشان داده بود که تمام لایههای الکترونی اتم این عناصر کامل (پر) است. از جمله لایه خارجی آنها (ترازهای s و p) دارای ۸ الکترون است (غیر از هلیوم که فقط تراز ۱s دارد و دو الکترونی است). لوئیس (G. N. Lewis) با توجه به بی اثر بودن این گازها از یک طرف و وجود لایه خارجی ۸ الکترونی در اتم آنها از طرف دیگر، در سال ۱۹۱۶، بی اثر بودن آنها را به وجود لایه خارجی ۸ الکترونی اتم آنها نسبت داد و معتقد شد که اتم عناصر دیگر، ضمن شرکت در فعالیت شیمیایی و تشکیل ترکیبات مختلف، تمایل به دارا شدن لایه خارجی هشت الکترونی، یعنی رسیدن به آرایش الکترونی گازهای بی اثر از خود نشان می دهند، به بیانی دیگر، فعالیت شیمیایی عناصر را می توان، کوششی برای دستیابی به آرایش الکترونی گازهای بی اثر تلقی کرد. به نظری، ضمن ترکیب شدن دو عنصر، اتمهای آنها، آن تعداد از الکترونها لایه خارجی خود را تبادل می کنند (یعنی هر اتم از یک عنصر با آن تعداد از اتمهای عنصر دیگر ترکیب می شود) که تعداد الکترونها لایه خارجی هر دو نوع اتم به ۸ برسد. این نظر لوئیس بنام «قاعده ۸ تایی» (Octed Rule) موسوم شده است. بر این

اتم کلر يك الكترو ن جذب کرده و به  $Cl^-$  تبدیل می شود، کلسیم دارای الكترو والانس  $+2$  و کلر دارای الكترو والانس  $-1$  است.

### ۱-۶- مفهوم کووالانس (ظرفیت کووالانسی)

به روشنی می توان دریافت که نظریه کاسل در مورد چگونگی ترکیب شدن عناصر با یکدیگر، نظری جامع و فراگیر نبود. زیرا، ترکیب شدن اتمهای يك عنصر با یکدیگر، مثلاً تشکیل  $H_2$ ،  $Cl_2$ ،  $O_2$  و غیره و یا به طور کلی ترکیب شدن اتمهای عناصر غیر فلزی با یکدیگر، مثلاً تشکیل  $CO_2$ ،  $NF_3$  و غیره بر اساس این نظریه، قابل توجه نبود.

برای رفع این نارسایی، لوئیس در سال ۱۹۱۶ روش دیگری برای رسیدن اتم عناصر فعال به آرایش الکترونی گازهای بی اثر در واکنشهای شیمیایی ارائه داد که همان نظریه پیوند کووالانسی است و این نظریه در سال ۱۹۱۹ توسط لانگمیر (I. Langmuir) به اتمهای سنگین نیز تعمیم داده شد. همان طور که می دانیم، بر اساس این نظریه دو اتم با به اشتراك گذاشتن تعداد معینی از الکترونهاى لایه ظرفیت خود، به آرایش الکترونی گاز بی اثر می رسند. با چنین نگرشی، برای هر عنصر در يك ترکیب، ظرفیتی کسه به «ظرفیت کووالانسی» یا کووالانس (Covalency) موسوم شده است، در نظر گرفته می شود که برابر تعداد الکترونهاى است که هر اتم آن عنصر در آن ترکیب با اتم دیگر به اشتراك می گذارد تا به آرایش الکترونی گاز بی اثر برسد.

قابل توجه است که مفهوم ظرفیت از نظر فرانکلند با مفهوم ظرفیت از نظر لوئیس هماهنگی دارد. مثلاً بر اساس نظر فرانکلند هر اتم کربن گنجایش ترکیب شدن با چهار اتم هیدروژن را دارد، پس ظرفیت آن برابر چهار است، از نظر لوئیس چون اتم کربن در لایه ظرفیت خود، چهار الکترون دارد و این چهار الکترون را ضمن ترکیب شدن با اتمهای هیدروژن به اشتراك می گذارد تا به آرایش الکترونی گاز بی اثر برسد، پس ظرفیت (کووالانس) آن چهار است.

پادآوری می شود که اولین بار لانگمیر در سال ۱۹۱۹ متوجه شده بود که امکان دیگری برای تشکیل پیوند کووالانسی بین اتمها وجود دارد. یعنی، این امکان که یکی از اتمها در نقش

«دهنده»، دو الکترون از لایه ظرفیت خود را با اتم دیگر که در نقش «بپذیرنده» عمل می کند، به اشتراك بگذارد. این مسئله در سال ۱۹۲۱ مورد توجه و بررسی بیشتری توسط پرکینس (G. A. Perkins) قرار گرفت. لوری (Lowry) در سال ۱۹۲۳ پیوندی را که بدین طریق تشکیل می شود، پیوند دوگانه مختلط (Mixed Double Bond) یا پیوند داتیو نامید. ولی سیدگویک (Sidgwick) در همان سال، با توجه به اینکه پیوند کووالانسی در ترکیبات کوئوردیناسیون بین لیگاندها و اتم مرکزی به این طریق تشکیل می شود، به بیانی دیگر، این روش تشکیل پیوند کووالانسی، در ترکیبات کوئوردیناسیون (کمپلکسها) متداول است، آن را اتصال کوئوردینانسی (Cooreinate Link) نامیده بود.

باید به این نکته توجه داشت که امروزه، به جای ظرفیت عناصر، عدد اکسایش (Oxidation number) یا حالت اکسایش (Oxidation State) را که مفهومی جامع است به کار می برند. زیرا به عنوان نمونه، در نظر گرفتن حالت اکسایش مثبت، صفر و یا منفی برای عناصر معقول است. حال آنکه، تصور ظرفیت کمتر از صفر (ظرفیت منفی) منطقی به نظر نمی آید. از این رو، با توجه به اهمیتی که اعداد اکسایش عناصر در خواص ترکیبات آنها دارد و اطلاع از آن به درك بسیاری از ویژگیهای ترکیبات و آسان شدن کار بررسی آنها کمک می کند، در اینجا به شرح آن می پردازیم.

### ۲- عدد اکسایش (Oxidation number)

#### ۱-۲- مفهوم عدد اکسایش عناصر

عدد اکسایش عناصر برابر واحدهای بار الکتریکی است که بر طبق قواعدی قرار دادی (که توسط پاولینگ وضع شده است) برای آنها در نظر گرفته می شود. این قواعد را می توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- عدد اکسایش هر ذره خنثی و آزاد، مثلاً اتم Xe یا رادیکال Cl برابر صفر است.
- ۲- عدد اکسایش هر ذره باردار، برابر بار الکتریکی آن

## توضیح ۱

معمولاً در مورد عدد اکسایش (برخلاف بار الکتریکی)، علامت + یا - را در سمت چپ قرار می‌دهیم، مثلاً بار الکتریکی یون  $\text{CrO}_4^{2-}$  را با -۲ ولی عدد اکسایش کروم را در آن با +۶ نشان می‌دهیم.

یادآوری می‌شود که غالباً اعداد اکسایش عناصر را در ترکیبات، به جای اعداد معمولی با اعداد استاک (Stock numbers)، یعنی به صورت اعداد رومی در بالای نشانه شیمیایی آنها مشخص می‌کنند. البته، در صورتی که عدد اکسایش مثبت باشد، از نوشتن علامت + قبل از این اعداد صرف‌نظر می‌شود و اسی در صورت منفی بودن عدد اکسایش، علامت - را در سمت چپ این اعداد قرار می‌دهند. مثلاً عدد اکسایش آهن را در  $\text{FeO}$  با (II)، عدد اکسایش مس را در  $\text{CuCl}$  با (I) و عدد اکسایش کلر را در آن با (-I) می‌توان نشان داد.

## توضیح ۲

در برخی از موارد، یک عنصر می‌تواند با اعداد اکسایش متفاوت در یک ترکیب شرکت کند. از این رو، بر اساس فرمول شیمیایی (نسبت استوکیومتری) آن ترکیب، ممکن است عدد اکسایش آن عنصر به صورت کسری نشان داده شود. مثلاً عدد اکسایش سرب در  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  برابر  $\frac{+8}{3}$  به دست می‌آید. بدیهی است که این عدد میانگین اعداد اکسایش اتمهای سرب در این ترکیب است. زیرا این ترکیب یک اکسید مختلط (Mixed oxide) یا یک اکسید نمکی (Salt-Like oxide) است و فرمول آن را باید به صورت  $2\text{Pb}^{\text{II}}\text{O} \cdot \text{Pb}^{\text{IV}}\text{O}_2$  نوشت. یعنی دو اتم سرب در آن عدد اکسایش +۲ و یک اتم سرب دارای عدد اکسایش +۴ است. در نتیجه، میانگین عدد اکسایش این عنصر در این ترکیب عبارت است از:

$$\frac{1 \times (+4) + 2(2+)}{3} = \frac{+8}{3}$$

است. مثلاً عدد اکسایش سدیم در  $\text{NaCl}$  برابر +۱، کلسیم در  $\text{CaCl}_2$  برابر +۲، کلر در  $\text{NaCl}$  برابر -۱، اکسیژن در  $\text{CaO}$  برابر -۲ و ... است.

۳- در ترکیبات کووالانسی که پیوندهای قطبی دارند، به ازای هر جفت الکترون پیوندی، عدد اکسایش -۱ به اتم الکترون‌نگاتیوتر و عدد اکسایش +۱ به اتم دیگر شرکت کننده در تشکیل آن پیوند نسبت داده می‌شود. یعنی، مثلاً در  $\text{HF}$ ، برای F عدد اکسایش -۱ و برای H عدد اکسایش +۱ و یا در  $\text{NCl}_3$ ، برای Cl عدد اکسایش -۱ و برای N عدد اکسایش +۳ در نظر گرفته می‌شود.

۴- بار الکتریکی هر ذره مرکب برابر مجموع جبری اعداد اکسایش اتمهای تشکیل دهنده آن است.

بر اساس این قاعده، اگر در یک ترکیب، غیر از یک عنصر، اعداد اکسایش عناصر دیگر شرکت کننده در آن ترکیب را بدانیم، می‌توانیم عدد اکسایش آن عنصر را حساب کنیم. برای روشن شدن مطلب، به حل دو تمرین می‌پردازیم:

## تمرین ۱

عدد اکسایش آهن را در  $\text{K}_3\text{FeF}_6$  معین کنید.

حل - اگر عدد اکسایش عناصر را با x نشان دهیم، بر طبق قواعد ۲ و ۴، ذر مورد این ترکیب می‌توان نوشت:

$$3x_{(\text{K})} + x_{(\text{Fe})} + 6x_{(\text{F})} = 0$$

$$2(+1) + x_{(\text{Fe})} + 6(-1) = 0$$

$$x_{(\text{Fe})} = +2$$

## تمرین ۲

عدد اکسایش فسفر را در یون  $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$  معین کنید.

حل - با توجه به قواعد ۲ و ۴ می‌توان نوشت:

$$2x_{(\text{H})} + 2x_{(\text{P})} + 7x_{(\text{O})} = -2$$

$$2(+1) + 2x_{(\text{P})} + 7(-2) = -2$$

$$x_{(\text{P})} = \frac{+10}{2} = +5$$

## توجه

به جای عدد اکسایش، اصطلاح حالت اکسایش (Oxidation State) نیز به کار می رود.

## ۲-۲- تعیین عدد اکسایش یک عنصر در یک ترکیب بر اساس ساختار الکترونی آن ترکیب

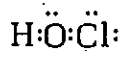
عدد اکسایش هر عنصر در یک ترکیب کووالانسی، در واقع، برابر تفاوت تعداد الکترونهاي لایه ظرفیت آن عنصر (شماره گروه آن عنصر در جدول تناوبی) با مجموع تعداد الکترونهاي پیوندی (که به اتم الکترونگاتر نیست داده می شود) و الکترونهاي غیر پیوندی آن عنصر در آن ترکیب است. برای روشن شدن مطلب، به حل تمرینی می پردازیم:

## تمرین

عدد اکسایش کربن، اکسیژن و یدروژن را در اسید هیپوکلرو معین کنید.

## حل

ابتدا باید ساختار الکترونی این مولکول را که به صورت زیر است، مشخص کنیم:



با توجه به این ساختار آنچه که گفته شد، می توان نوشت:

$$x_{\text{(H)}} = 1 - (0 + 0) = +1$$

$$x_{\text{(O)}} = 6 - (2 + 2) = -2$$

$$x_{\text{Cl}} = 7 - (0 + 6) = +1$$

حال ممکن است این پرسش مطرح باشد که آیا عدد اکسایش یک عنصر تغییرپذیر است؟ به بیانی دیگر، آیا یک عنصر فقط با یک عدد اکسایش مشخص و ثابت در تمام ترکیبات خود شرکت می کند و یا اینکه، بسته به شرایط عمل می تواند با اعداد اکسایش متفاوت، در تشکیل ترکیبات مختلف (حتی در برخی از موارد در یک ترکیب معین) شرکت کند؟

شواهد تجربی، پاسخ مثبتی بر این پرسش را تأیید می کند. ولی باید توجه داشت که این مطلب در مورد همه عناصر درست نیست. بلکه تعدادی از عناصر، فقط با یک عدد اکسایش مشخص و ثابت می توانند ترکیبات پایدار به وجود آورند. نظر به اهمیت این موضوع، در اینجا، به توجیه علت خصلت تغییر ناپذیری عدد اکسایش برخی از عناصر و خصلت تغییر پذیری آن در عناصر دیگر، به بیانی دیگر علت تنوع اعداد اکسایش در بسیاری از عناصر اصلی و واسطه در ترکیبات آنها می پردازیم:

## ۲-۳- آرایشهای الکترونی پایدار

می دانیم که برخی از آرایشهای الکترونی عناصر وضعیت متقارنی داشته و حالت پایداری به وجود می آورند. بر همین اساس است که عناصر، ضمن شرکت در واکنشهای شیمیایی و تشکیل ترکیبات، برای رسیدن به یکی از این آرایشهای الکترونی پایدار، به حالت اکسایش مشخصی در می آیند. قابل توجه است که برخی از عوامل، از جمله تعداد پیوند (عدد کوئوردیناسیون) و پایداری میدان بلور (در مورد ترکیبات عناصر واسطه)، موجب می شوند که بدون وجود چنین آرایشهای الکترونی متقارنی، نیز عناصر بتوانند ترکیبات پایداری به وجود آورند. مهمترین آرایشهای الکترونی که جزو عوامل مؤثر در پایداری حالتهاي اکسایش عناصر در ترکیبات محسوب می شوند، عبارتند از:

آرایش  $1s^2$ 

آرایش الکترونی هلیوم، یکی از آرایشهای پایدار است. از این رو، یدروژن در حالت اکسایش ۱- (در یدریدهای نمکی مانند NaH) و یا لیتیم در حالت اکسایش ۱+ (مثلاً در LiF) به چنین آرایش پایداری می رسد.

آرایش  $sp^3$ 

آرایش الکترونی لایه ظرفیت گازهای بی اثر (غیر از هلیوم)

(از گروه IVA) در حالت اکسایش  $+2$  (به جای  $+4$ ) که انتظار داریم) ترکیبات پایدارتری نسبت به حالت‌های اکسایش بالاتر (که مورد انتظار است) تشکیل می‌دهند. حتی جیوه با همین آرایش در حالت اکسایش  $+1$  (به صورت  $Hg_2^{2+}$ ) ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهد، مثلاً  $TiCl_3$  از  $TiCl_4$ ،  $SnCl_2$  از  $SnCl_4$ ،  $PbCl_2$  از  $PbCl_4$  پایدارتر است و یا  $Hg_2Cl_2$  ترکیبی بسیار پایدار است.

با توجه به آنچه گفته شد، اکنون می‌توان به روشنی، به این پرسش پاسخ داد:

کدام عناصر فقط با یک عدد اکسایش در ترکیبات شیمیایی شرکت می‌کنند؟

بر اساس آرایش‌های الکترونی پایدار لایه ظرفیت که به آنها اشاره شد (یعنی  $s^2$ ،  $s^2p^6$  و  $s^2p^6d^{10}$ )، عناصری که فقط با یک نوع عدد اکسایش، در تشکیل ترکیبات پایدار شرکت می‌کنند، عبارتند از:

### ۱- فلزات قلیایی

با عدد اکسایش  $+1$ ، که به آرایش الکترونی گاز بی‌اثر دوره ماقبل خود می‌رسند ( $s^2$  در مورد  $Li^+$  و  $s^2p^6$  در مورد سایر فلزات قلیایی).

### ۲- فلزات قلیایی خاکی

با عدد اکسایش  $+2$ ، که به آرایش الکترونی گاز بی‌اثر دوره ماقبل خود می‌رسند ( $s^2$  در مورد  $Be$  و  $s^2p^6$  در مورد سایر فلزات قلیایی خاکی).

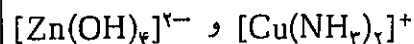
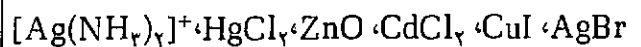
### ۳- بور، آلومینیم و گالیم

با به اشتراک گذاشتن سه الکترون لایه ظرفیت (در مورد بور، تنها امکان) و یا از دست دادن این سه الکترون (در مورد آلومینیم و به ویژه گالیم) به عدد اکسایش  $+3$  می‌رسند. بدیهی است که در صورت از دست دادن الکترون لایه ظرفیت و تبدیل به کاتیون سه ارزشی، این دو عنصر، به آرایش گاز

یکی از پایدارترین آرایش‌های الکترونی است، که عناصر اصلی و برخی از عناصر واسطه برای دستیابی به آن در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کنند و غالباً دارای حالت اکسایش پایداری می‌شوند. مثلاً، فلزات (غیر از لیتیم) در تمام ترکیبات خود با عدد اکسایش  $+1$ ، فلزات قلیایی خاکی (غیر از بریلیم) در تمام ترکیبات خود با عدد اکسایش  $+2$  و اکسیژن در غالب ترکیبات با عدد اکسایش  $-2$ ، به چنین آرایش الکترونی پایداری می‌رسند. به طور کلی اکثر عناصر اصلی در ترکیبات پایدار خود (یونی یا کووالانسی) دارای چنین آرایشی در لایه ظرفیت اتم خود می‌شوند. در مورد عناصر واسطه گروه‌های IIB، IVB و VB نیز چنین آرایش الکترونی که به ترتیب با اعداد اکسایش  $+3$ ،  $+4$  و  $+5$  مطابقت دارد، موجب تشکیل ترکیبات پایدار می‌شود، مثلاً در  $TiO_2$ ،  $Sc_2O_3$  و  $V_2O_5$  و غیره.

### آرایش الکترونی $s^2p^6d^{10}$

چنین آرایش الکترونی در مورد برخی از عناصر آخر سریهای عناصر گروه‌های IB و IIB، پایداری قابل توجهی را به وجود می‌آورد. مثلاً عناصر گروه IB مانند مس، نقره با چنین آرایشی در لایه ظرفیت، ترکیبات پایداری در حالت اکسایش  $+1$  و یا عناصر گروه IIB مانند روی، کادمیم و جیوه با همین آرایش ترکیبات پایداری را در حالت اکسایش  $+2$  به وجود می‌آورند. مانند:



### آرایش الکترونی $d^1s^2$

این آرایش الکترونی در لایه ظرفیت نیز در مورد برخی از عناصر، به ویژه عناصر سنگین گروه‌های IIIA و IVA، پایداری نسبتاً قابل توجهی را به وجود می‌آورد. مثلاً با چنین آرایشی، ایندیم و تسالیم (از گروه IIIA) در حالت اکسایش  $+1$  (به جای  $+3$  که انتظار داریم)، قلع و سرب

انقباض لاتانیدی) علاوه بر عدد اکسایش  $+2$ ، با عدد اکسایش  $+1$  نیز (به ویژه در حالت جانبد) در ترکیبات شرکت می کند.

### ۶- عناصر گروه IIB

این عناصر واسطه (اسکاندیم، ایتريم، لانان و اکتینیم) در ترازهای  $d$  و  $s$  لایه ظرفیت اتم خود، مجموعاً سه الکترون (یک الکترون در تراز  $d$  و دو الکترون در تراز  $s$ ) دارند. با از دست دادن این سه الکترون به آرایش الکترونی گاز بی اثر دوره ماقبل خود رسیده و به حالت اکسایش بسیار پایدار  $+3$  در می آیند.

### ۷- برخی از عناصر واسطه سریهای لاتانید و آکتینید

در بین عناصر واسطه داخلی سری لاتانیدها، عناصر پرومتیم (Pm)، گادولینیم (Gd)، هولمیم (Ho)، اریبیم (Er) و لوتسیم (Lu) و در بین عناصر واسطه سری آکتینیدها، پنج عنصر آخر سری یعنی اینشتینیم (Es)، فرمیم (Fm)، مندلویم (Md)، نوبلیم (No) و لورنسیم (Lr) همگی فقط با عدد اکسایش  $+3$  ترکیبات پایداری تشکیل می دهند.

سایر عناصر اصلی و واسطه با اعداد اکسایش کم و بیش متنوع در تشکیل بسیاری از ترکیبات که پایداری قابل توجهی دارند، شرکت می کنند.

در جدول ۲، اعداد اکسایش متداول عناصر اصلی جدول تناوبی، همراه با توضیحات لازم و چند ترکیب نمونه، در هر مورد ارائه شده است.

در جدول ۳، اعداد اکسایش عناصر واسطه دسته  $d$ ، همراه با آرایش الکترونی لایه ظرفیت مربوط به هر حالت اکسایش و اعداد کسوتوردیناسیون در هر حالت اکسایش (در داخل پرانتز) و نیز اعداد اکسایش عناصر واسطه داخلی (سریهای لاتانید و آکتینید)، گردآوری شده است. در هر مورد، پایدارترین حالت اکسایش و یا عدد کسوتوردیناسیون پایدارترین کمپلکس، با قرار دادن خطی در زیر آن اعداد، مشخص شده اند:

بی اثر ماقبل خود می رسند. در غیر این صورت ترکیباتی کووالانسی با فرمول کلی  $MX_3$  تشکیل می دهند که کمبود الکترونی دارد و در نقش اسید لوئیس تمایل به جذب یک جفت الکترون و تشکیل یک پیوند دیگر دارند. مثلاً  $AlCl_3$  ترکیبی است که کمبود الکترون (Electron deficiency) یا نقص  $\delta$  قایی دارد. از این رو، تمایل دارد از طریق تشکیل یک پیوند دیگر با یون  $Cl^-$  یک جفت الکترون از طریق داتیو جذب کند و یون کمپلکس  $[AlCl_4]^-$  (یون تتراکلرو آلومینات) را به وجود آورد. اصولاً نقش کلرید آلومینیم به عنوان کاتالیزور کلرآسیون در واکنشهای فریدل-کرافتس، بر همین اساس متکی است.

در مورد ترکیبات بور مثلاً  $BH_3$ ، این کمبود الکترون نقص  $\delta$  قایی، از طریق دیمر شدن (تبدیل شدن به  $B_2H_6$ ، دی بوران) بر طرف می شود ولی در مورد  $BF_3$ ، این نقص از طریق تشکیل یک پیوند  $\pi$  (از نوع  $P_{\pi} - P_{\pi}$ ) بین اوربیتال غیر پیوندی اتم بور (اوربیتال  $2p_z$ ) و اوربیتال  $2p_z$  غیر پیوندی یکی از اتمهای فلوئور که پر است) از طریق داتیو برقراری می شود. این مطلب قابل توجه است که در این ترکیب، اتم فلوئور با وجود اینکه الکترون گناهیترین عنصر است، یک جفت الکترون به اتم بور واگذار می کند (البته بر اساس اصل برابری الکترون گناهی که توسط سائرنسن، بیان شده است، این رویداد، دور از انتظار نیست).

### ۴- فلوئور

اتم فلوئور با جذب یک الکترون و رسیدن به آرایش الکترونی نئون، دارای عدد اکسایش  $-1$  می شود. مثلاً در  $HF$ ،  $OF_2$  یا  $ClF$ .

### ۵- فلزات واسطه گروه IIB

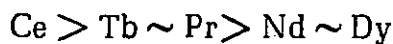
مانند روی و کادمیم که با از دست دادن دو الکترون تراز  $s$  لایه ظرفیت اتم خود، به آرایش الکترونی نسبتاً پایدار  $d^10s^2$  و حالت اکسایش  $+2$  می رسند. مثلاً در  $CdI_2$ ،  $ZnO$  و غیره.

یادآوری می شود که در این گروه، جیوه (به علت اثر

جدول ۲

شماره	اعداد اکسایش	توضیحات	چند ترکیب نمونه
I	+۱	نیدروژن فقط در ترکیب با فلزات، عدد اکسایش -۱ دارد.	+۱-۱ NaCl +۱-۱ HCl
II	+۲		+۲(-۱) <sub>x</sub> MgCl <sub>x</sub> +۲-۲ CaO
III	+۳		+۳(-۱) <sub>x</sub> BCl <sub>x</sub> +۳(-۱) <sub>x</sub> AlF <sub>x</sub>
IV	+۲, +۲	قلع و سرب اعداد اکسایش +۲ و +۲ دارند. کربن علاوه بر اعداد اکسایش +۲ و -۲ اعداد اکسایش دیگری نیز دارد.	+۳(-۱) <sub>x</sub> SnF <sub>x</sub> +۲(-۱) <sub>x</sub> PbCl <sub>x</sub> +۳(-۲) <sub>x</sub> CO <sub>x</sub> -۲(+۱) <sub>x</sub> CH <sub>x</sub> +۲-۲ CO
V	+۵, +۳, -۳	نیتروژن و فسفر اعداد اکسایش دیگری نیز دارند. مثلاً نیتروژن می تواند اعداد اکسایش +۲, +۳, +۱, -۱, -۲ نیز داشته باشد.	+۵(-۱) <sub>۵</sub> SbF <sub>۵</sub> +۳(-۱) <sub>x</sub> BiCl <sub>x</sub> -۳(+۱) <sub>x</sub> NH <sub>x</sub> +۲(-۲) <sub>x</sub> NO <sub>x</sub> (+۳) <sub>x</sub> (-۲) <sub>x</sub> N <sub>x</sub> O <sub>x</sub> +۲-۲ NO (+۱) <sub>x</sub> -۲ N <sub>x</sub> O -۱(+۱) <sub>x</sub> -۲+۲ NH <sub>x</sub> OH (-۲) <sub>x</sub> (+۱) <sub>x</sub> N <sub>x</sub> H <sub>x</sub>
VI	+۶, +۲, -۲	اکسیژن معمولاً -۲ ولی در پروکسیدها -۱ و فقط با فلزات +۲، سایر عناصر گروه دارای اعداد اکسایش -۲, +۶, +۲ نیز می باشند.	(+۱) <sub>x</sub> -۲ H <sub>x</sub> O (+۱) <sub>x</sub> (-۱) <sub>x</sub> H <sub>x</sub> O <sub>x</sub> +۲(-۱) <sub>x</sub> OF <sub>x</sub> (+۱) <sub>x</sub> -۲ H <sub>x</sub> S +۶(-۲) <sub>x</sub> SO <sub>x</sub> +۲(-۲) <sub>x</sub> SeO <sub>x</sub>
VII	+۷, +۵, +۳, +۱, -۱	همگی با نیدروژن یا فلزات عدد اکسایش -۱، با اکسیژن و عناصر الکترونگاتیو تر از خود اعداد اکسایش مثبت دارد و فلزات معمولاً -۱ است.	+۱-۱ NaF +۱+۷(-۲) <sub>x</sub> HClO <sub>x</sub> +۱+۵(-۲) <sub>x</sub> HClO <sub>x</sub> +۱+۳(-۲) <sub>x</sub> HClO <sub>x</sub> +۱+۱-۲ HClO

(b) ترتیب پایداری حالت +۴ عبارت است از:



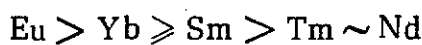
البته در مورد Nd و Dy تردید وجود دارد.

(c) پایدارترین حالتها، با قرار دادن خط (—) در زیر آنها، مشخص شده اند.

(d) حالت +۲ نیز ممکن است وجود داشته باشد که براساس آرایش  $5f^7$  پیشگویی می شود.

توضیح در مورد رووندهای a, b, c, d در جدول ۳

(a) ترتیب پایداری حالت +۲ عبارت است از:

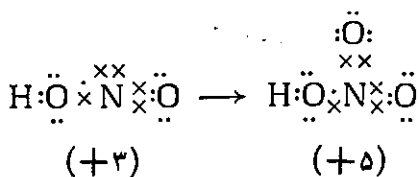
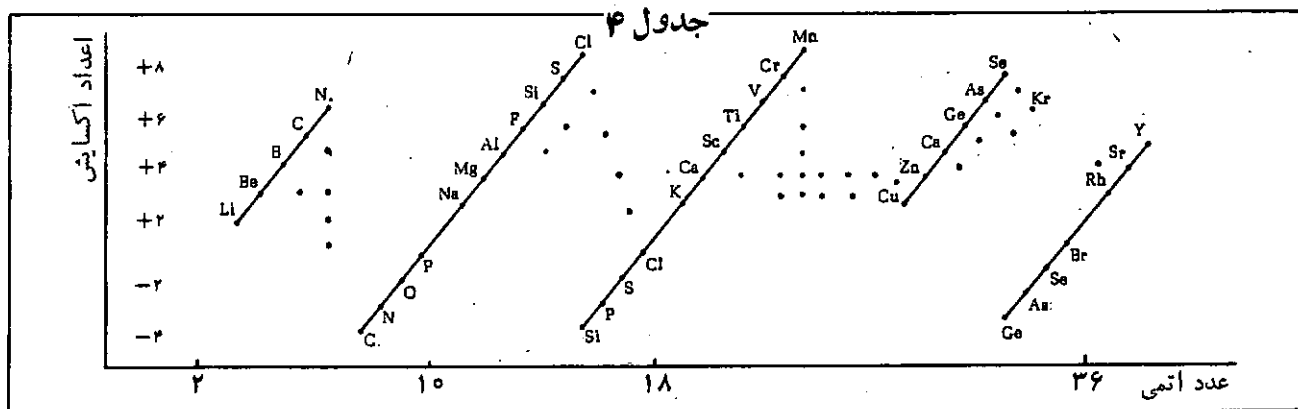


$MI_2$  جامد (M = La و Ce, Pr, Gd) ماهیت فلزی داشته و یون  $M^{2+}$  در آن وجود ندارد.



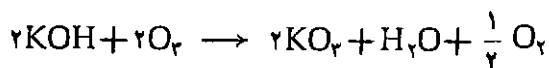
جدول ۳

آرایش الکترونی عناصر	s	p	d <sup>1</sup>	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	d <sup>6</sup>	d <sup>7</sup>	d <sup>8</sup>	d <sup>9</sup>	d <sup>10</sup>		
Ti Zr, Hf	۲+	(۲, ۵, ۶, ۷, ۸) (۲, ۶, ۷, ۸)	۲+	۲+	-	۰	۱-	(۶)	(۶)					
V Nb, Ta	۵+	(۲, ۵, ۶) (π, ۵ <sup>g</sup> , ۶, ۷, ۸)	۲+	۲+	۲+	۱+	۰	۱-	(۶)	(۶)				
Cr Mo, W	۶+	(۲) (۲, ۵, ۶, ۸ <sup>g</sup> )	۵+	۲+	۲+	۲+	۱+	۰	۱-	(۶)	۲-			
Mn Tc, Re	۷+	(۲, ۲) (۲, ۶, ۷, ۸, ۹)	۶+	۵+	۲+	۲+	۲+	۱+	۰	۱-	۲-	۲-		
Fe Ru, Os*	۸+	(۲, ۵, ۶) (۲, ۶)	۶+	۵+	۲+	۲+	۲+	۱+	۰	(۵, ۶)	-	۲-		
Co Rh, Ir†					۶+	۵+	۲+	۲+	۲+	(۲, ۵, ۶) (۲, ۵)	۱+	۱-		
Ni Pd, Pt						۶+	۵+	۲+	۲+	(۲ <sup>g</sup> , ۵, ۶) (۲, ۵, ۶)	۱+	۰		
Cu Ag, Au										(۲ <sup>g</sup> , ۵, ۶) (۲, ۵, ۶)	۲+	۱+		
Sc, Y, La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
-	-	-	۲	-	۲	۲	-	-	-	-	-	۲	۲	-
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
-	۲	۲	۲ <sup>g</sup>	-	-	-	-	۲	۲ <sup>g</sup>	-	-	-	-	-
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am <sup>g</sup>	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
-	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲					
		۵	۵	۵	۵	۵								
			۶	۶	۶	۶								



همچنین فسفر در  $\text{PCl}_3$  دارای عدد اکسایش +۳ است ولی در  $\text{POCl}_3$  به علت تشکیل یک پیوند کسوالانسی دیگر، از طریق داتیو با اتم اکسیژن، دارای عدد اکسایش +۳ می‌شود.

یکی دیگر از عوامل تغییر و تنوع اعداد اکسایش برخی از عناصر اصلی، امکان برقراری پیوند کسوالانسی بین اتمهای یک نوع عنصر (Catenation) است. بر همین اساس است که مثلاً اکسیژن، علاوه بر عدد اکسایش -۲ (در اکسیدهای نرمال، هیدروکسیدها، اکسی اسیدها و نمکهای آنها)، می‌تواند اعداد اکسایش ۱- (مثلاً در پروکسیدها، پروکسو اسیدها مانند اسید پروکسو مونوسولفوریک\* و اسید پروکسو دیسولفوریک\*\*، ... و نمکهای آنها) و یا عدد اکسایش  $\frac{1}{4}$ - (مثلاً در سوپروکسیدها مانند  $\text{KO}_2$  که از سوختن پتاسیم در اکسیژن خالص تشکیل می‌شود) و یا عدد اکسایش  $\frac{1}{3}$ - (مثلاً در ازونیدها، مانند ازونید پتاسیم،  $\text{KO}_3$ ) داشته باشد. برای اطلاع علاقمندان، یاد آور می‌شود که ازونید پتاسیم از واکنش بین ازون و هیدروکسید پتاسیم به وجود می‌آید و به صورت بلورهای نارنجی رنگ قابل جدا کردن است:



قابل توجه است که کسری بودن عدد اکسایش عناصر در برخی از ترکیبات مثلاً عدد اکسایش سرب در  $\text{Pb}_2\text{O}_3$  با کسری

در جدول ۴، روند تغییرات اعداد اکسایش عناصر اصلی و واسطه دوره‌ها نسبت به عدد اتمی نشان داده شده است. در این جدول، کوچکترین و بزرگترین اعداد اکسایش عنصر هر دوره به صورت نمودارهای خطی نشان داده شده‌اند. در جدول‌های ۵ و ۶ طرح دیگری از روند تغییرات اعداد اکسایش (مشابه جدول ۴) ولی به طور جداگانه، برای عناصر اصلی و واسطه نشان داده شده است.

#### ۴-۲- توجه به علل تغییر و تنوع اعداد اکسایش عناصر

به منظور بررسی دقیق‌تر این مطلب، آن را در مورد عناصر اصلی و عناصر واسطه به طور جداگانه در نظر می‌گیریم.

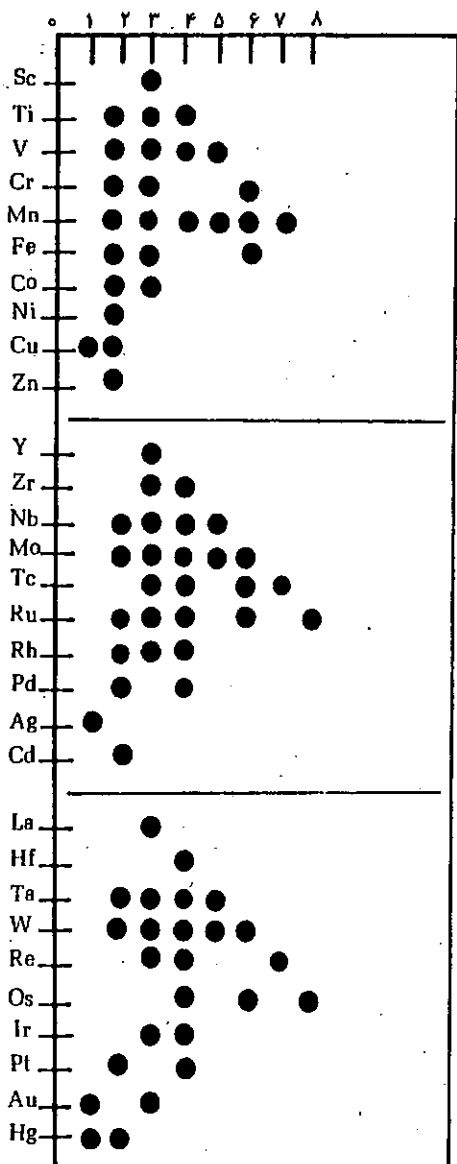
#### الف) در مورد عناصر اصلی

الکترونگاتیوی، یکی از عوامل مؤثر در تغییر و تنوع اعداد اکسایش عناصر اصلی است. به عنوان مثال، نیتروژن در  $\text{NH}_3$  عدد اکسایش -۳ ولی در  $\text{NF}_3$  عدد اکسایش +۳ دارد و یا اکسیژن در  $\text{H}_2\text{O}$  عدد اکسایش -۲ ولی در  $\text{OF}_2$  عدد اکسایش +۲ و ... دارد.

امکان تشکیل پیوند داتیو را نیز می‌توان عامل مؤثر دیگری در تنوع اعداد اکسایش عناصر به حساب آورد. به عنوان مثال، نیتروژن در اسید نیترو ( $\text{HNO}_3$ ) دارای عدد اکسایش +۳ است ولی در اسید نیتریک ( $\text{HNO}_2$ )، به علت تشکیل یک پیوند کسوالانسی دیگر، از طریق داتیو، دارای عدد اکسایش +۵ می‌شود:

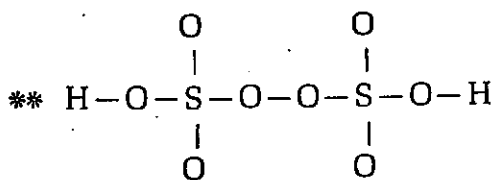
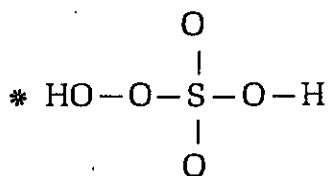
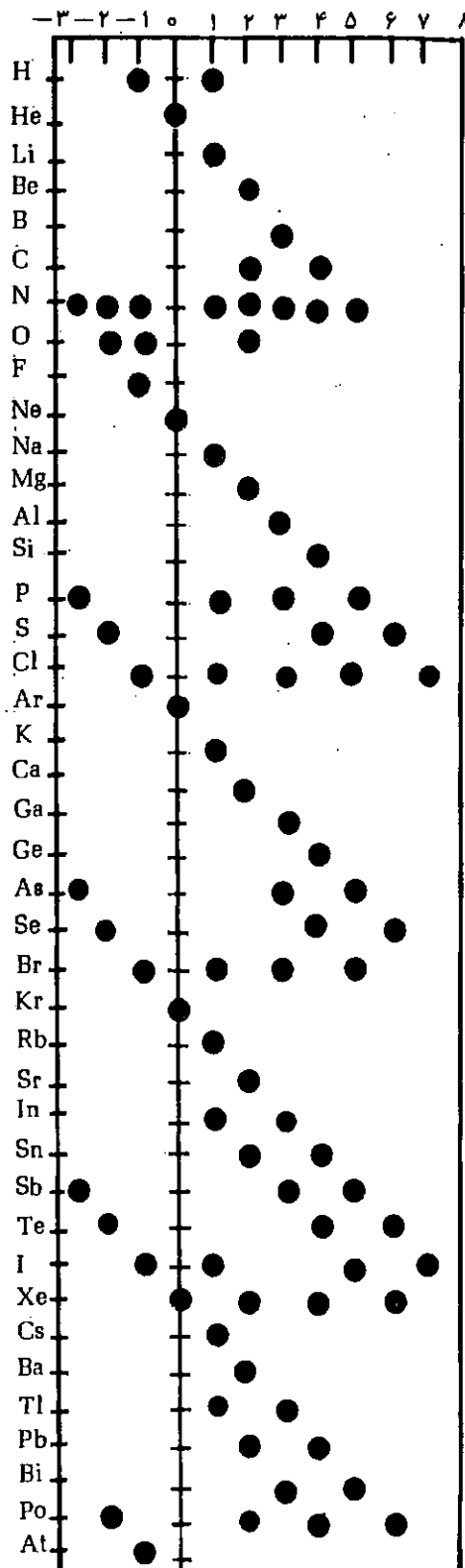
جدول ۶

عناصر واسطه



جدول ۵

عناصر اصلی



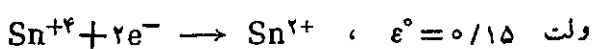
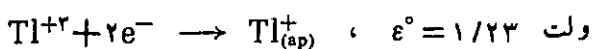
اشاره شد، فقط از طریق واگذار کردن يك جفت الكترون خود از طریق داتیو، می‌تواند دارای عدد اکسایش +۵ بشود. در صورتی که فسفر و عناصر سنگین تر هم گروه آن به هر دو روش می‌توانند به این بالاترین عدد اکسایش برسند.

### توجه:

در مورد عناصر اصلی گروههای I و II، پایداری حالت اکسایش (تنها عدد اکسایش که با شماره گروه برابر است) با افزایش عدد اتمی تغییر نمی‌کند. ولی در مورد عناصر اصلی گروههای III و IV (برخلاف گروههای اصلی V، VI و VII) با افزایش عدد اتمی، پایداری حالت اکسایش (که با شماره گروه مطابقت دارد)، به تدریج کاهش می‌یابد.

مثلاً در گروه IIIA، بور، آلومینیم و گالیم، فقط با حالت اکسایش +۳ ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهند. در صورتی که از ایندیم ترکیبات پایداری با عدد اکسایش +۱ در حالت جامد شناخته شده‌اند (مانند InI، InBr و InCl) و تالیوم در حالت اکسایش +۱ ترکیبات پایدار نسبتاً زیادی (حتی در محلول) تشکیل می‌دهد (مانند Tl<sub>2</sub>O، TlOH، TlCl و Tl<sub>2</sub>S).

در مورد گروه IVA، کربن، سیلیسیم و ژرمانیم در حالت اکسایش +۴ ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهند. در صورتی که قلع و سرب علاوه بر حالت اکسایش +۴، در حالت اکسایش +۲ نیز بسیاری از ترکیبات پایدار را به وجود می‌آورند و حتی اهمیت حالت اکسایش +۲ از حالت اکسایش +۴ در آنها بیشتر است:



در مورد علت چنین رویدادی، اولین بار در سال ۱۹۳۳، سیدگویک، پدیده «جفت الكترون بی‌اثر» (Inert Pair) لایه ظرفیت اتمهای سنگین این گروهها را عاملی مؤثر، معرفی کرد. یعنی با افزایش عدد اتمی و در نتیجه افزایش بار مؤثر هسته در گروه (به ویژه اثر انقباض لانتانیدی در مورد تالیوم و سرب) انرژی یونیزاسیونهای دوم و سوم تا حدی زیاد می‌شود که دسترسی به حالت اکسایش بالاتر (+۳) برای ایندیم و تالیوم یا +۴ برای قلع و سرب) مشکل است. چنین

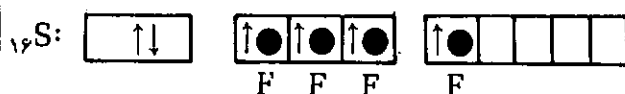
بودن عدد اکسایش اکسیژن در پروکسیدها یا سوپروکسیدها مبنای متفاوتی دارد (همان طور که قبلاً اشاره شد، مثلاً در مورد سرب در Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>، عدد اکسایش  $\frac{8}{3}$  میانگین اعداد اکسایش اتمهای سرب، یعنی +۲ برای دو اتم و +۴ برای يك اتم دیگر است، در صورتی که مثلاً در مورد اکسیژن این طور نیست و سهم اتمها یکسان است).

عامل دیگری که در تغییر و تنوع اعداد اکسایش عناصر اصلی می‌تواند دخالت داشته باشد، امکان برانگیخته شدن اتم این عناصر از دوره سوم به بعد و مجاز بودن اوربیتالهای تراز d لایه ظرفیت آنها است. برای مثال، گوگرد در H<sub>2</sub>S و SCl<sub>2</sub> به ترتیب اعداد اکسایش -۲ و +۲ دارد، ولی در SF<sub>4</sub> و SF<sub>6</sub> به علت امکان برانگیخته شدن و استفاده از اوربیتالهای تراز d لایه ظرفیت خود، به ترتیب دارای اعداد اکسایش +۴ و +۶ می‌شود.

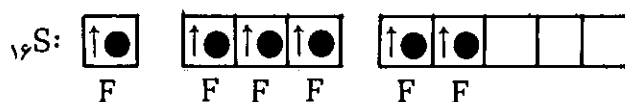
آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم گوگرد در حالت پایه:



آرایش الکترونی لایه ظرفیت اتم گوگرد در مرحله اول برانگیخته شدن و تشکیل SF<sub>4</sub>:



آرایش الکترونی گوگرد در مرحله دوم برانگیخته شدن و تشکیل SF<sub>6</sub>:



الکترون لایه ظرفیت اتمهای فلزورکسه در تشکیل پیرند با الکترونهای منفرد اتم گوگرد شرکت کرده‌اند، با علامت ●، نشان داده شده‌اند.

همین طور، فسفر در PCl<sub>3</sub> دارای عدد اکسایش +۳ است ولی در PCl<sub>5</sub> (از طریق برانگیخته شدن و استفاده از يك اوربیتال تراز 3d لایه ظرفیت خود) به عدد اکسایش +۵ می‌رسد. قابل توجه است که چون اتم نیتروژن در لایه ظرفیت خود تراز d مجاز ندارد، امکان برانگیخته شدن و تشکیل ترکیباتی به فرمول کلی NX<sub>5</sub> و رسیدن به عدد اکسایش +۵ را از این طریق ندارد. بلکه همان طور که

**ب - در مورد فلزات واسطه**

در عناصر واسطه دسته d، به علت اینکه ترازهای s و d لایه ظرفیت اتم آنها نسبتاً به یکدیگر نزدیکند، علاوه بر الکترونیهای تراز s، تعدادی از الکترونیهای تراز d ظرفیت خود را نیز ضمن شرکت در واکنشها می توانند از دست بدهند. علاوه بر آن، انرژی پیوندهای اضافی که بر اثر یونیزاسیونهای متوالی تشکیل می شوند، به میزانی است که می تواند انرژی لازم برای آن یونیزاسیونها را تأمین کند. براین اساس، می توان تغییر پذیری و تنوع اعداد اکسایش این دسته از عناصر را به روشنی توجیه کرد.

همان طور که از داده های جدولهای ۳ و ۶ نیز می توان دریافت، بالاترین عدد اکسایشی عناصر واسطه دسته d در دوره چهارم تا گروه VIIB (یعنی منگنز) و در دوره های پنجم و ششم تا گروه VIIIB (یعنی روتنیم و اسمیم) با مجموع تعداد الکترونیهای s و d لایه ظرفیت مطابقت دارد. یعنی مثلاً بالاترین عدد اکسایش و انا دیم (گروه VB) برابر ۵+، منگنز (گروه VIIB) برابر ۷+ و اسمیم (گروه VIIIB) برابر ۸ است. و از آن پس تا آخر سری واسطه در هر دوره، رو به کاهش گذاشته و در آخرین عنصر سری به ۲+ می رسد. برای نمونه، طرحی از روند تغییرات بالاترین عدد اکسایش عناصر واسطه دوره های چهارم و پنجم در جدول ۹ نشان داده شده است (حالت های اکسایش پایدار با دایره های تو پر مشخص شده است).

علت کوچک بودن بالاترین عدد اکسایش عناصر اول سری را به کم بودن تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت اتم آنها می توان نسبت داد، در عناصر آخر سری، اگر چه تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت زیاد است، ولی به علت جفت بودن غالب الکترونها در اوربیتالها و یا افزایش بار مؤثر هسته و نفوذ زیاد تر ترازهای لایه ظرفیت به سمت هسته، جدا شدن تعداد بیشتری از الکترونها، دشوار می شود. از این رو، مثلاً با اینکه فلز روی ۱۰ الکترون در تراز ۳d و ۲ الکترون در تراز ۴s دارد، فقط امکان از دست دادن دو الکترون از تراز ۴s برای آن وجود دارد. از این رو، بالاترین (و تنها) عدد اکسایش آن در ترکیبات ۲+ است.

استدلال و نتیجه گیری در صورتی می تواند درست باشد که مجموع مقادیر انرژی یونیزاسیونهای متوالی، مثلاً انرژی یونیزاسیونهای دوم و سوم در گروه IIIA با افزایش عدد اتمی، به تدریج افزایش یابد. در صورتی که داده های تجربی (که در جدول ۷ گردآوری شده است)، این موضوع را تأیید نمی کند. زیرا براساس داده های این جدول، حالت اکسایش ۳+ باید در گالیم ناپایدارتر از ایندیم و تالیم و

**جدول ۷**

عناصر	گالیم	ایندیم	تالیم
$I_3 + I_3$ (کیلوکالری بر مول)	۱۱۷۷	۱۰۷۸	۱۱۵۵

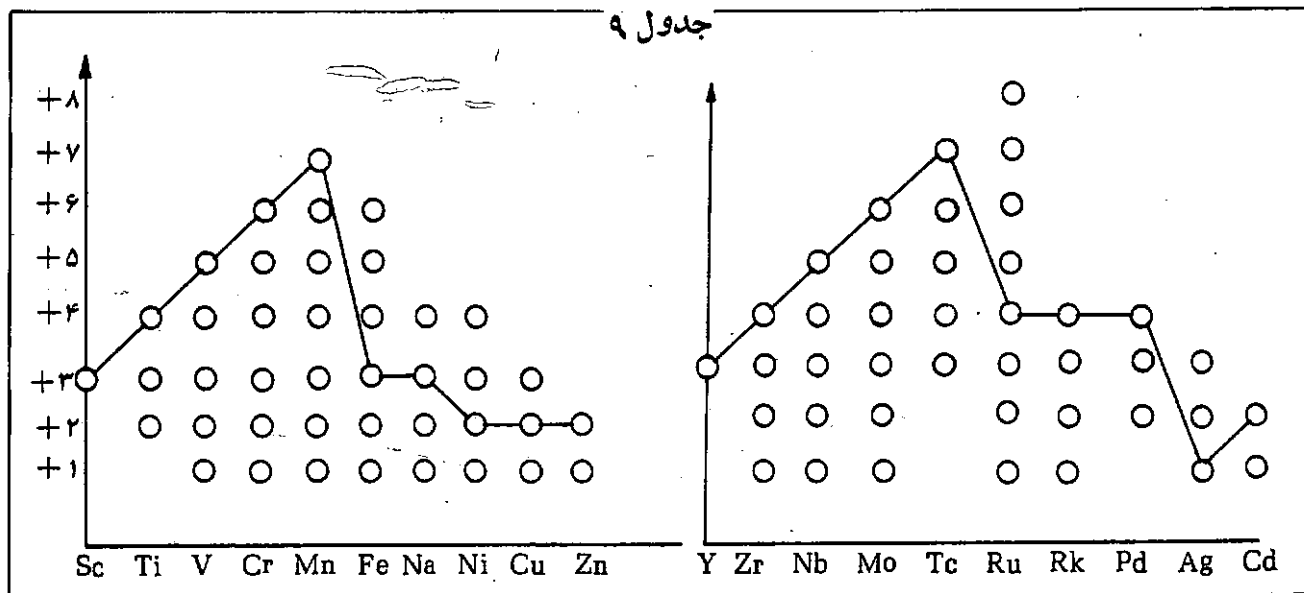
یا  $Tl^+$  ناپایدارتر از  $Ga^+$  باشد. در صورتی  $Ga^+$  عملاً وجود ندارد ولی  $Tl^+$  در حالت جامد و حتی در محلول، پایداری قابل توجهی دارد.

**دراگ (Drag)** برای توجیه درست این پدیده، چنین نظر داد که نباید آن را به بی اثر بودن ذاتی جفت الکترون تراز s لایه ظرفیت یا به بیان دیگر، به افزایش انرژی یونیزاسیون مربوط به این الکترونها، نسبت داد. بلکه عامل اساسی کاهش تدریجی انرژی پیوندی به موازات افزایش عدد اتمی این عناصر در گروه است. زیرا، بر اثر افزایش گسترش طولی اوربیتالهای اتمی و کاهش دانسیته الکترونی و در نتیجه کاهش شدت همپوشانی از یک طرف و افزایش دافعه الکترونیهای غیر پیوندی اتمهای لیگاند از طرف دیگر، قدرت پیوندهای حاصل کاهش می یابد و ترکیب در حالت اکسایش بالاتر، ناپایدار می شود. بررسیهای تجربی این نظر را کاملاً تأیید می کند. مثلاً همان طور که در جدول ۸ نشان داده شده است، میانگین انرژی پیوند در مورد تری کلرید تالیم از تری کلرید ایندیم و یا گالیم کمتر است.

**جدول ۸**

ترکیب	$TlCl_3$	$InCl_3$	$GaCl_3$
انرژی پیوند (کیلوکالری بر مول)	۳۶/۵	۴۹/۲	۵۷/۸

جدول ۹



اکسایش (+۳، +۴، +۵ و +۶) می‌باشند. البته عناصر آخر این سری (به علت اینکه تراز ۵f در آنها با شیب نسبتاً تندی به سمت هسته کشیده می‌شود)، امکان ازدست دادن الکترون از تراز ۵f را ندارند. بر همین اساس است که پنج عنصر آخر این سری (یعنی اینشتینیم، فرمیم، مندلیویم، نوبلیوم و لورنسیم) فقط یک حالت اکسایش (+۳) دارند.

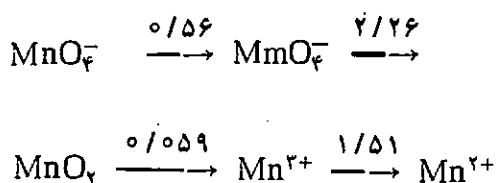
### توجیه افزایش پایداری حالت‌های اکسایش بالاتر در عناصر سنگین‌گروه‌ها

در گروه فلزات واسطه و نیز برخی از عناصر گروه‌های اصلی (به ویژه گروه‌های VIIA و VIA) با افزایش عدد اتمی، یعنی با پایین آمدن در گروه، اعداد اکسایش بالاتر پایداری بیشتری به دست می‌آورند. مثلاً در عناصر واسطه سری اول، اعداد اکسایش +۲ و +۳ بسیار متداول و مهم است. در صورتی که در عناصر واسطه زیرین آنها این اعداد اکسایش اهمیت خود را از دست می‌دهد و جز در مورد چند عنصر مانند کادمیم، پالادیم و پلاتین، پایداری قابل توجهی در محلول ندارند. در مقابل، اعداد اکسایش بالاتر در فلزات زیرین این گروه‌ها نسبت به عناصر بالای آنها، پایداری بیشتری می‌شود. مثلاً اگر فلزات واسطه گروه VIB یعنی کروم، مولیبدن و تنگستن را در نظر بگیریم، ملاحظه می‌شود که در حالت اکسایش +۶ کروم در  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  و  $\text{CrO}_4^{2-}$  در

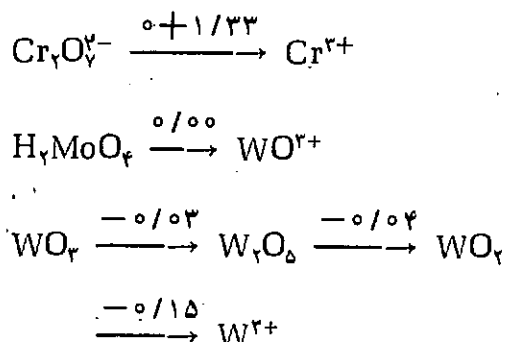
در مورد عناصر واسطه داخلی، در سری لانتانیدها، چون تراز ۴f لایه ظرفیت اتم آنها نسبت به ترازهای d (در عناصر واسطه دسته d) عمیق‌تر و به هسته نزدیکتر است. از این رو، جاذبه هسته اتم بر الکترونها این تراز در عناصر لانتانید نسبتاً زیاد است. از این رو، این عناصر ضمن شرکت در واکنش‌های شیمیایی، عمدتاً الکترونها تراز s و d و گاهاً تعدادی از الکترونها تراز ۴f را می‌توانند از دست بدهند. در نتیجه همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، اعداد اکسایش این عناصر چندان تنوع ندارد. به طوری که فقط نئودیم (Nd، سومین عنصری سری) سه نوع اعداد اکسایش (+۲، +۳، +۴) و عناصر سزیم، پرازئودیمیم، ساماریوم، اروپیم، تریم، دیسپروزیوم، تولیم و ایتریم، دارای دو نوع عدد اکسایش، پرومتیم، گادولینیم، هولیم، اربیم و لوتسیم فقط یک نوع عدد اکسایش (+۳) دارند.

در مورد عناصر واسطه داخلی سری آکتینیدها، چون تراز ۵f (برخلاف تراز ۴f) نسبتاً سطحی و تحت تأثیر جاذبه کمتری از طرف هسته اتم قرار دارد، اتم آنها، علاوه بر الکترونها ترازهای s و d لایه ظرفیت، می‌تواند با سهولت قابل توجهی تعدادی از الکترونها تراز ۵f خود را نیز ضمن واکنش شیمیایی از دست بدهد. از این رو، همان طور که در جدول ۳ نشان داده شد، برخی از عناصر این سری، مانند عناصر واسطه دسته d، اعداد اکسایش نسبتاً متنوعی دارند. مثلاً اورانیم، نپتونیم، پلوتونیم، و آمریسیم، هر یک دارای چهار حالت

در مورد عناصر گروه VIIB، یعنی منگنز، تکنسیم و رنیم نیز وضعیت مشابهی، مشاهده می‌شود، یعنی منگنز در حالت اکسایش +۷ مثلاً در  $MnO_4^-$  نسبتاً ناپایدار است و این یون یکی از قویترین عوامل اکسندگی است، در صورتی که حالت اکسایش +۷ در تکنسیم (به صورت  $TcO_4^-$ ) و یادر رنیم (به صورت  $ReO_4^-$ ) به تدریج پایداری بیشتری حاصل می‌کند. به طوری که پررئات ( $ReO_4^-$ ) کاملاً پایدار بوده و قدرت اکسندگی بسیار کمی دارد. این مطالب را بر اساس پتانسیل نیم واکنشهای زیر نیز می‌توان به آسانی دریافت:



محلول (در مجاورت احیا کننده‌ها) نسبتاً ناپایدار بوده، عوامل اکسندگی قوی محسوب می‌شوند. در صورتی که مولیبدن در  $H_2MoO_4$  پایدار است و به عنوان عامل اکسندگی به کار نمی‌رود. تنگستن نیز در این حالت، مثلاً در  $WO_3$ ، بسیار پایدار بوده و عامل اکسندگی محسوب نمی‌شود. این واقعیتها را بر اساس پتانسیل نیم واکنشهای زیر (بر حسب ولت) نیز دریافت:

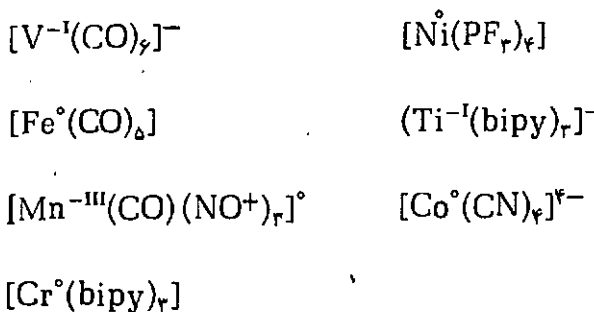


جدول ۱۰- حالت‌های اکسایش تعدادی از عناصر در ترکیبات دو تنایی

	IVB	VA	VIB	VIIB	VIII	IB	IIB	IIIA	IVA		
	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ca	Ge
F	۳, ۴	۳, ۴, ۵	۲, ۳, ۴, ۵	۲, ۳	۲, ۳	۲, ۳	۲	۲	۲	۳	۴
Cl	۲, ۳, ۴	۲, ۳, ۴	۲, ۳	۲	۲, ۳	۲	۲	۱, ۲	۲	۱, ۳	۲, ۴
Br	۲, ۳, ۴	۲, ۳, ۴	۳, ۳	۲	۲, ۳	۲	۲	۱, ۲	۲	۳	۲, ۴
I	۲, ۳, ۴	۲, ۳	۲, ۳	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۳	۲, ۴
O	۲, ۳, ۴	۲, ۳, ۴, ۵	۲, ۳	۶	۲, ۳, ۴	۲, ۳	۲, ۳, ۴	۱, ۲	۲	۱, ۳	۲, ۴
	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
F	۴	۵	۳, ۴, ۵, ۶	۶	۳, ۵, ۶	۳, ۶	۲, ۳	۱, ۲	۲	۳	۲, ۴
Cl	۲, ۳, ۴	۳, ۴, ۵	۲, ۳, ۴, ۵	۴, ۶	۳, ۴	۳	۲	۱	۱, ۲	۱, ۳	۲, ۴
Br	۴	۲, ۵	۲, ۳, ۴	-	-	-	۲	۱	۲	۱, ۳	۲, ۴
I	۴	۳, ۴, ۵	۲, ۳, ۴	-	۳	۳	۲	۱	۲	۱, ۳	۲, ۴
O	۴	۲, ۴, ۵	۳, ۴, ۵, ۶	۴, ۶, ۷	۴, ۸	۳, ۴	۲, ۳, ۴	۱, ۳	۲	۱, ۳	۲, ۴
	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb
F	۴	۵	۴, ۶	۴, ۵, ۶, ۷	۴, ۶	۴, ۶	۴, ۶	۳	۱, ۲	۱, ۳	۲, ۴
Cl	۳, ۴	۲, ۳, ۴, ۵	۴, ۵, ۶	۳, ۵, ۶	۲, ۳, ۴	۱, ۲, ۳, ۴	۱, ۲, ۳, ۴	۱, ۳	۱, ۲	۱, ۳	۲, ۴
Br	۴	۳, ۵	۴, ۵, ۶	۳, ۴, ۵, ۶	۳	۱, ۲, ۳	۲, ۳, ۴	۱, ۳	۱, ۲	۱, ۳	۲, ۴
I	۴	۴, ۵	۴	۳, ۴	۴	۱, ۲, ۳	۲, ۳, ۴	۱, ۳	۱, ۲	۱, ۳	۲, ۴
O	۴	۴, ۵	۴, ۵, ۶	۳, ۴	۶, ۷	۴, ۸	۲, ۳, ۴, ۶	۳, ۴, ۶	۱, ۳	۱, ۲	۱, ۳

برای فلزات واسطه، به چشم می‌خورد، اعداد اکسایش متداول آنها است و از این رو، ترکیبات آنها را در این حالت‌های اکسایش، ترکیبات کلاسیک (کمپلکس‌های کلاسیک) می‌نامند. مثلا حالت‌های اکسایش +۲ و +۳ برای آهن، منگنز و کروم در ترکیباتی مانند  $\text{FeO}$ ،  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ،  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

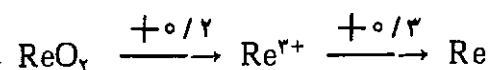
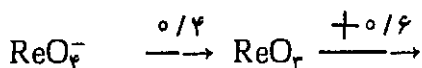
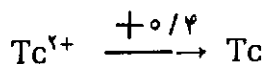
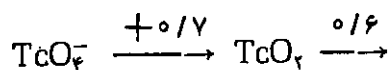
ولی باید توجه داشت که بسیاری از فلزات در حالت‌های اکسایش پایین‌تر، مثلا حالت‌های اکسایش I، 0، -I و -II، نیز ترکیباتی کم و بیش پایدار تشکیل می‌دهند که به نام ترکیبات کمپلکس غیر کلاسیک موسومند. برای آشنایی علاقمندان در زیر فرمول چند نمونه از این نوع ترکیبات و اعداد اکسایش فلزات واسطه در آنها، نشان داده شده است.



همان طرز که ملاحظه می‌شود، حالت‌های اکسایش پایین فلزات واسطه در این ترکیبات با لیگاندهای ویژه‌ای نظیر CO،  $\text{PF}_3$ ، bipy (دی پیریدیل)، NO و غیره ... پایدار می‌شود. زیرا مولکول این لیگاندها در ترازهای انرژی مولکولی خود اوربیتال‌های خالی غیر پیوندی یا ضد پیوندی دارند که می‌توانند الکترون‌های اوربیتال‌های تراز d لایه ظرفیت اتم مرکزی را از طریق برقراری پیوند داتیو، در خود جای دهند.

### تأثیر عدد اکسایش فلزات در خواص ترکیبات آنها

شاید تاکنون، این موضوع مورد توجه قرار نگرفته باشد و طرح آن در اینجا، خالی از تازگی نباشد. از این رو، چند نمونه از این تأثیرات، در زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. (۱) هرچه عدد اکسایش اتم مرکزی (یعنی اتمی که پیوندهای بیشتری دارد) در ترکیبی بیشتر باشد، به بیانی دیگر



علت پایداری شدن حالت‌های اکسایش بالاتر در عناصر سنگینتر این گروهها نسبت به عناصر سبکتر آنها را می‌توان، به افزایش بار مؤثر هسته در عناصر سنگینتر و افزایش حجم آنها و در نتیجه، بالا رفتن میزان قدرت انرژی پیوندی بین اتم مرکزی و اتم‌های لیگاند در ترکیبات حاصل نسبت داد که موجب افزایش انرژی پایداری میدان لیگاند در مورد ترکیبات عناصر واسطه و بنا به طور کلی، موجب پایداری بیشتر ترکیبات حاصل، می‌شود.

### توجه:

همانطور که در جدول ۱۰ نشان داده شده است، اعداد اکسایش بالاتر عناصر توسط لیگاندهایی که اتم الکترون‌نگاتیو و کوچک (مانند F و O) دارند، پایداری حاصل می‌کند. مثلا کروم با کالر با عدد اکسایش +۳ (در  $\text{CrCl}_3$ ) و لسی با اکسیژن با حالت اکسایش +۶ (مثلا در  $\text{CrO}_3$ ) ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهد:

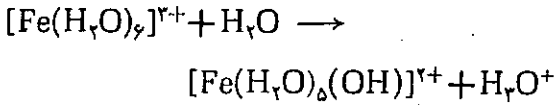
علت را نباید تنها به کوچک بودن اتم عنصر فلزات نسبت داد. بلکه، افزایش قدرت اکسیدکنندگی کاتیون در حالت‌های اکسایش بالاتر و افزایش سهولت اکسید شدن آنیون بر اثر افزایش حجم آن، دو عامل مؤثر محسوب می‌شوند. بر همین اساس است که اکسیدهای این عناصر بیش از هر ترکیب دیگر آنها مورد بررسی قرار گرفتند.

### حالت‌های اکسایش پایین و غیر عادی فلزات

حالت‌های اکسایشی که در جدول‌های اعداد اکسیداسیون



باشد، تمایل آن به ئیدرولیز و خصلت اسیدی محلول آن ترکیب بیشتر می شود. بر همین اساس است که مثلاً  $FeCl_3$  با شدت بیشتری نسبت به  $FeCl_2$  در آب ئیدرولیز می شود و محیط را اسیدی می کند. معادله واکنش اولین مرحله ئیدرولیز  $FeCl_3$  که در واقع به  $Fe(aq)^{3+}$  مربوط می شود، چنین است:



(۴) هرچه عدد اکسایش اتم مرکزی افزایش می یابد، به علت افزایش مقدار پتانسیل یونی آن، قدرت قطبیت کنندگی (پلاریزاسیون) آن بیشتر شده، موجب می شود که پیوند یونی حاصل، از حالت خالص خارج شده و خصلت کووالانسی قابل توجهی پیدا کرده، به صورت یک پیوند حدواسط (قطبی) و یا عمدتاً به صورت پیوند قطبی در آید. بر همین اساس است که مثلاً پیوند در  $AlCl_3$  عموماً کووالانسی است و با خصلت کووالانسی پیوند  $Sn-Cl$  در  $SnCl_4$  از  $SnCl_2$  و یا خصلت کووالانسی پیوند  $Fe-Br$  در  $FeBr_3$  از  $FeBr_2$  بیشتر است.

نسبت بار به شعاع کاتیون که پتانسیل یونی (Ionic Potential =  $\phi = p_i$ ) کاتیون نامیده می شود، بزرگتر باشد، میدان جاذبه الکتروستاتیکی قویتری در اطراف خود به وجود می آورد. در نتیجه تعداد بیشتری از لیگاندها را می تواند جذب کند (یا تعداد بیشتری پیوند برقرار کند). به بیان دیگر، عدد کوئوردیناسیون خود را افزایش دهد. بر این اساس است که مثلاً مس در حالت اکسایش ۱ + کمپلکسهای با عدد کوئوردیناسیون ۲ مثلاً در  $[Cu(NH_3)_4]^+$  و لی در حالت اکسایش ۲ + کمپلکسهایی با اعداد کوئوردیناسیون ۴، ۵، مانند  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  و  $CuCl_2^-$  و در حالت اکسایش ۳ + کمپلکسهایی با عدد کوئوردیناسیون ۶ مانند  $CuF_6^{3-}$  تشکیل می دهد.

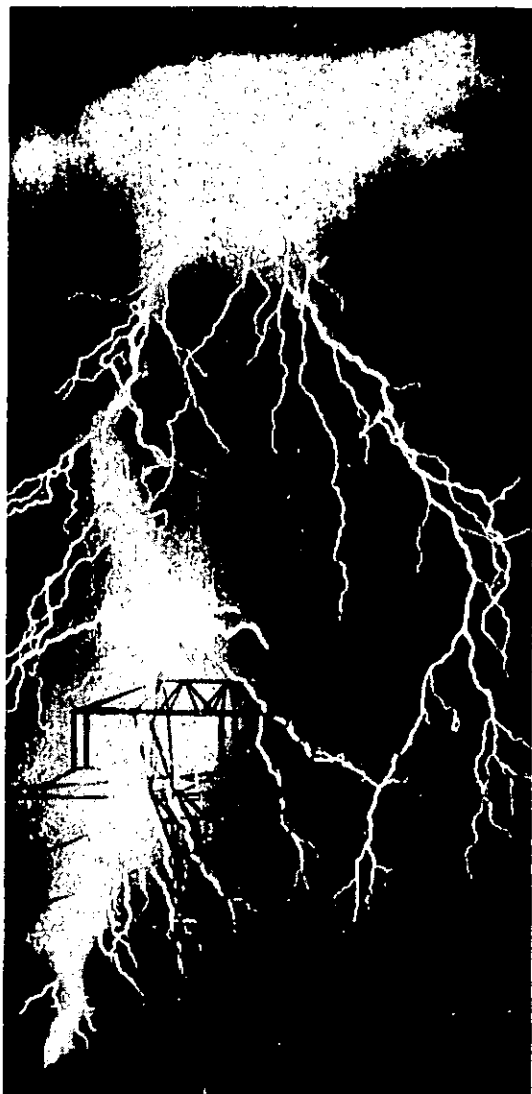
(۲) هرچه عدد اکسایش اتم مرکزی افزایش یابد، به علت افزایش پتانسیل یونی، میزان انرژی پایداری میدان لیگاند و نیز پایداری ترکیب حاصل، افزایش می یابد. بر این اساس است که مثلاً،  $[Cu^{II}(NH_3)_4]^{2+}$  پایدارتر از  $[Cu^I(NH_3)_4]^+$  و یا  $FeCl_3$  پایدارتر از  $FeCl_2$  و ... است.

(۳) هرچه عدد اکسایش اتم مرکزی در یک ترکیب بالاتر

۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
س	و	ا	ن	ت	پ	و	ل	ک	ی	س	۱
ر	×	ا	×	ش	ا	×	●	●	●	ر	۲
م	ی	د	س	ا	ن	ب	ر	ک	ب	ی	۳
ا	×	ر	●	ک	●	ل	●	ز	●	د	۴
ل	ا	●	●	●	●	●	●	●	●	●	۵
×	ر	●	●	ل	●	●	ل	ا	ن	ا	۶
م	س	●	ل	ک	ل	ا	×	×	ک	ز	۷
●	●	●	●	●	●	ت	پ	ا	س	ن	۸
●	ی	و	ن	ی	●	م	ی	ل	ا	ک	۹
●	ک	ا	د	د	●	گ	ل	س	ی	ل	۱۰
●	●	●	●	●	●	ر	×	ل	ب	ب	۱۱
ن	و	ی	س	ل	و	م	ا	×	د	ا	۱۲



ابراهیم پور  
دبیر شیمی رشت



# شیمی و زندگی

## یونیزاسیون طبیعی و

## یونیزاسیون مصنوعی

### در جو - اثر آن بر

### موجودات زنده

این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی مال سوم و چهارم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک تهیه شده است

دکتر علی سیدی  
دانشیار دانشگاه تهران

و درجهٔ تحرك آنها بستگی دارد. درجهٔ تحرك یونها خود تابع بزرگی و کوچکی آنها و جریانهای مختلف نظیر تحرك هوا، حرکات براونی (Brownien) (در مورد یونهای کوچک)، جابه‌جایی (Convection)، میدان الکتریکی و غیره است. یونهای منفی، در هوای آرام، تحت تأثیر میدان الکتریکی، به سمت بالا و یونهای مثبت به سمت پایین حرکت می‌کنند، زیرا زمین دارای بار الکتریکی منفی است.

#### منابع طبیعی

مولکولها و اتمهای کم‌یاب گازهای موجود در جو، تحت تأثیر عوامل یونیزه‌کنندهٔ زیر قرار می‌گیرند:

۱- مولکولهای گازهای رادیوآکتیو که از صخره‌ها متصاعد می‌شوند؛ اشعهٔ فرا بنفش خورشید؛ اشعهٔ کیهانی؛ تخلیه‌های رعدوبرق که اهمیت آنها مافوق تصور است؛ به عقیدهٔ بروکس

وجود الکتریسیته در جو به وسیله فرانکلین (Franklin) کشف شد و به نظر می‌رسید که فقط با رعدوبرق مرتبط باشد. در ۱۷۵۲، لومونیه (Lomonier) متوجه شد که، حتی در غیاب رعدوبرق، جو کانون یک میدان الکتریکی مداوم است. در هر زمان، در هر نقطه از جو، یک پتانسیل الکتریکی وجود دارد. از دیدگاه تئوری، هر سطحی موازی با زمین از نظر پتانسیل الکتریکی، یک سطح معادل به شمار می‌رود. در حقیقت، پتانسیل الکتریکی، نه تنها با ارتفاع، بلکه با مکان و زمان نیز تغییر می‌کند.

در ۱۸۹۹، الستر (Elster) و گیتل (Geitel)، بارهای آزاد موجود در هوا، یعنی یونهای جوی را کشف کردند. این یونها از تخلیه خودبه‌خود هر جسم هادی که دارای بار باشد ولی با جسم دیگری مرتبط نباشد (مانند صفحات الکتروسکوپ)، حاصل می‌شوند. قابلیت هدایت الکتریکی هوا به این یونها

تجاوز نمی‌کند. غلظت یونها نمی‌تواند از این حد پایینتر بیاید زیرا اثر یونیزه‌کننده اشعه کیهانی از ورای سقف و دیوارها نیز اعمال می‌شود، در یک جو بسیار آلوده، مانند فضای دود زده شهرهای بزرگ. در بعضی اسماگ‌ها (Smogs) پر شدن فضا از دود و مه (غلظت یونهای مثبت به تنهایی می‌تواند تا  $30/000$  یون در سانتی‌مترمکعب هوا و حتی بیشتر بالا رود.

البته باید توجه داشت که این مقدار یون، در مقام مقایسه با تعداد مولکولهای خنثی، در همان حجم از هوا، کسه  $10^{19} \times 2/7$  است، بسیار ناچیز می‌نماید. این نگرش نقش هرگونه اثر یونهای موجود در جو را بر اورگانسیم زنده انکار می‌کند. ولی نباید فراموش کرد که جنس مذکر یک نوع پروانه موسوم به بومبیکس موری (*Bombyx mori*) بوی هورمون جنس مخالف را با غلظت  $250$  مولکول در سانتی‌مترمکعب هوا تشخیص می‌دهد و چشم انسان می‌تواند نور یک فوتون مجزا را ببیند.

تفاوت یونهای مختلف با یکدیگر در قطبیت الکتریکی آنهاست. البته از نظر بزرگی و کوچکی و همچنین از نظر تکیه‌گاه شیمیایی (Chemical Support) نیز تفاوت دارند.

بزرگی و کوچکی یونها به طور پیوسته تغییر می‌کند و طیف بسیار گسترده‌ای را شامل می‌شود. از جمله یونهای زیر قابل تشخیص هستند «یونهای بزرگ» (موسوم به یونهای لانژوون *Langevin*) از  $0/03$  تا  $0/10$  مو، «یونهای متوسط» از  $0/003$  تا  $0/03$  مو، و «یونهای کوچک» که از بزرگی اتم تا  $0/003$  مو تغییر می‌کنند.

تمام این بارهای آزاد در جو با حرکات مختلف در جنب و جوش می‌باشند. این جنب و جوش به میدان الکتریکی و جرم یونها بستگی دارد. در میدانی به قدرت  $1 \text{ vcm}^{-1}$ ، یونهای بزرگ دارای سرعتی حدود  $0/005 \text{ cms}^{-1}$  می‌باشند. یونهای متوسط مسافتی به طول  $0/5 \text{ cms}^{-1}$  و یونهای کوچک  $1 \text{ cms}^{-1}$  را طی می‌کنند.

از تحرك متفاوت یونها، دوره‌های «زندگی» مختلف نتیجه می‌شود، زیرا با زیاد شدن درجه تحرك، بر خورد یونهای مثبت و منفی با یکدیگر و ترکیب شدنشان افزایش می‌یابد. بنابراین، یونهای کوچک «شکننده» تراز یونهای بزرگ هستند (زودتر نابود می‌شوند) و باید گفت که این پدیده تأسف‌انگیز

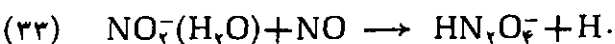
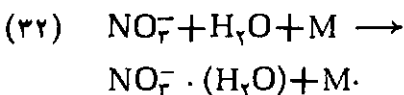
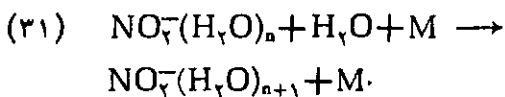
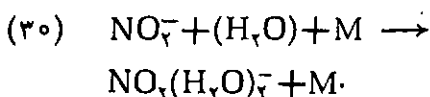
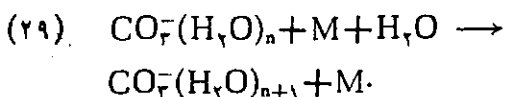
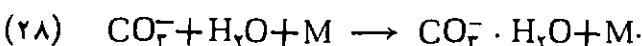
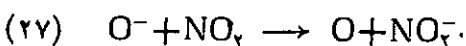
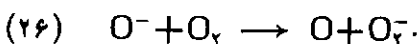
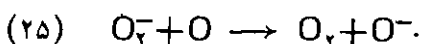
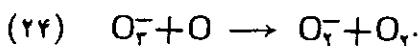
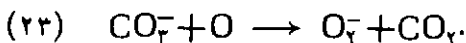
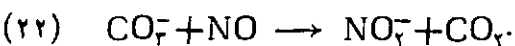
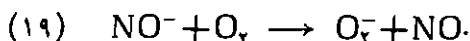
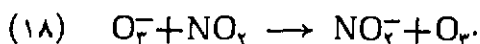
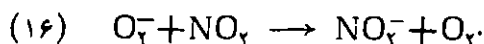
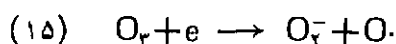
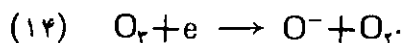
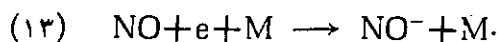
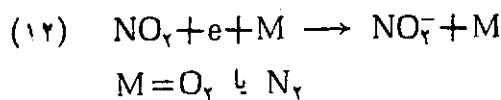
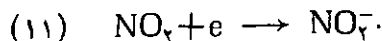
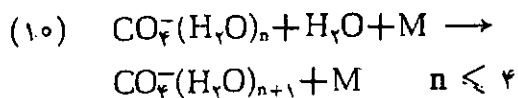
(Brookes)، در تمامی جهان، در هر ساعت حدود  $36000$  رعدوبرق وجود دارد که صرف‌نظر از تخلیه‌های بی‌صدا، دارای انرژی فوق‌العاده‌ای هستند.

۲- اثر لنارد (Lenard) یعنی یونیزاسیون در اثر پرتاب و پراکندن قطرات ریز آب، نظیر آنچه که در آبشارها، در فواره‌های آب، در امواجی که به ساحل دریا برخورد می‌کنند و آب را به صورت ذرات بسیار ریز در می‌آورند، در آئروسولها (Aerosols)، پراکندن ذرات بسیار ریز یک مایع یا یک محلول در یک گاز) و غیره اتفاق می‌افتد. باران یونیزه است، ولی برخلاف تصور بعضی از دانشمندان به نظر نمی‌رسد که یونیزاسیون باران از اثر لنارد ناشی شود، بلکه برعکس یونیزاسیون باران را می‌توان بیشتر به تشکیل شدن قطره‌های باران در اطراف «هسته‌ها» که همان یونها باشند، نسبت داد. اینها منابع اصلی تولید یون در طبیعت به شمار می‌روند. در قسمتهای بعدی، به روشهای مورد استفاده برای یونیزه کردن هوا به روشهای مصنوعی اشاره خواهیم کرد.

ملاحظه می‌شود که یونها در جو به طور پیوسته تولید می‌شوند و به طور پیوسته از بین می‌روند. راههای از بین رفتن یونها عبارتند از: ترکیب شدن (برخورد میان یک یون مثبت و یک یون منفی)، جذب شدن بر روی یک ذره نا مشخص مانند قطره آب، ذرات دود و گردوغبار و غیره. و تنفس به وسیله موجودات زنده.

### غلظت یونهای موجود در جو

از این دو پدیده متضاد، یعنی ظاهر شدن و از بین رفتن یونها، یک تعادل ساکن، ولی بسیار متغیر، به وجود می‌آید، زیرا همان‌طور که خواهیم دید، این تعادل تابع عوامل متعددی است که خود پیوسته در حال نوسان می‌باشند. اعداد زیر تصویری از غلظت متوسط یونها در سانتی‌مترمکعب هوا به دست می‌دهند: در بیابان،  $800$  تا  $1600$  یون، به استثنای بعضی مناطق ممتاز، نظیر جنگل، و بعضی ایستگاههای آب و هوایی که در آنها غلظت یونها به  $3000$  و  $4000$  می‌رسد، نزدیک آبشارها که در آن غلظت یونها بر  $10/000$  و حتی خیلی بیشتر بالغ می‌شود. در کوه‌های شهرهای بزرگ، غلظت یونها، در ساعات مختلف و در محل‌های متفاوت حدود  $150$  تا  $350$  یون در سانتی‌مترمکعب هواست. بالاخره، در محل‌های بسته، غلظت یونها از  $20$  تا  $30$  یون در سانتی‌مترمکعب هوا

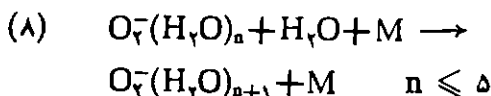
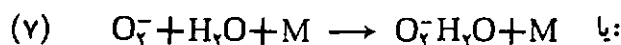
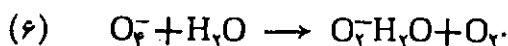
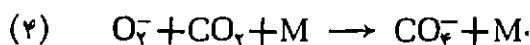
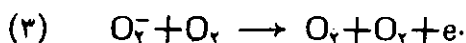
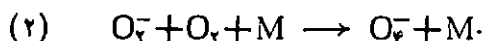
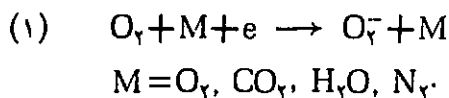


است، زیرا به طور کلی، اثر یونهای بزرگ بر سلامت انسان زیان آور است.

### شیمی یونها

شیمی یونها بسیار پیچیده و مطالعه آن مشکل است. در اینجا فقط مختصری راجع به این مطلب بیان می‌کنیم. تمام گازهای موجود در هوا می‌توانند یونیزه شوند و هر یک می‌توانند به صورت یون مثبت یا منفی ظاهر گردند. با وجود این، مولکول هر گاز تمایل دارد که به گونه‌ای خاص پلاریزه شود. در اینجا فقط به چگونگی تشکیل شدن یونهای منفی که اهمیت بیشتری دارند، می‌پردازیم.

به عقیده و. آ. موهن (V. A. Mohnen)، گازهای  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{H}_2$ ،  $\text{Ar}$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{N}_2$  یون منفی پایدار تشکیل نمی‌دهند، ولی اگر چه این یونها ناپایدارند، اما در ساختار اجتماعات مولکولی و همچنین در واکنشهای زنجیری شرکت می‌کنند و بالاخره، نقش پر اهمیتی به عهده دارند. به عنوان نمونه، و با توجه به کارهای تئوری موهن، در زیر فهرستی از واکنشهای ممکن ارائه می‌دهیم. در این واکنشها، دو یا سه جسم شرکت می‌کنند، بارهای منفی از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند و بین یونهای منفی و مولکولهای خنثی، واکنشهایی صورت می‌گیرند. در واقع، موهن در این کار فقط می‌خواسته است چگونگی تشکیل شدن یونهای منفی را که به ویژه در زیست‌شناسی نقشی پر اهمیت به عهده دارند، توجیه کند.



چون قصد نداریم که در اینجا به شیمی یونها بپردازیم، فقط خلاصه‌ای از پژوهشهای تئوری انجام شده را به عنوان مثال در بالا ذکر کردیم.

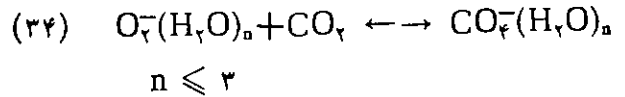
### تأثیر یونهای جو بر موجودات زنده

شناختن یونهای موجود در جو نه تنها به منظور انجام پژوهش محض (از تروتوسفر تا یونوسفر) بلکه برای تأسیسات برق و صنایع گوناگون، به ویژه از دیدگاه کاربردی در بهداشت و معالجه اهمیت فراوان دارد.

در واقع، موجودات زنده در برابر حالت یونیزاسیون جو بسیار حساسند. در اینجا بلافاصله باید گفت که یونهای منفی «خوب» و یونهای مثبت «بد» هستند. البته این جنبه ظاهری قضایا است. حقیقت کمی تفاوت دارد، ولی عملاً می‌توان از این قاعده کلی استفاده کرد.

از سالها پیش تأثیر پدیده‌های گوناگون هواشناسی و آب و هوایی را بر سلامتی و خوشی و ناخوشی احوال خود می‌شناسیم. این تأثیر تقریباً به طور انحصاری به حالت یونی جو، یعنی به هوایی که تنفس می‌کنیم، بستگی دارد. چند مثال ذکر می‌کنیم:

- ۱- ناخوشی حاصل از هوای طرفانی. این وضع به نوسانات بسیار سریع (دقیقه به دقیقه) وضع یونی جو و ایجاد یونهای مثبت به مقدار بیشتر بستگی دارد. با اولین جرقه‌های صاعقه و باران شدید کسه یون منفی تولید می‌کند و غلظت یونی را تثبیت می‌کند، این ناخوشی از میان می‌رود.
- ۲- ناخوشی حاصل از بعضی بادهای مشهور نظیر باد فوهن (Foehn)، باد کامشین (Kamshin)، باد اوتان (Autan) و غیره که مملو از یونهای مثبت هستند.
- ۳- ناخوشی حاصل از سقوط ناگهانی فشار بارومتری که تصاعد گازها را از خاک آسان می‌کند و در پایین‌ترین سطوح جو، موجب به وجود آمدن مقدار زیادی یون مثبت می‌شود.
- ۴- جنون موقت (آدمکشی، تجاوز، خودکشی) بعضی از مریضهای روانی در موقع «نو شدن ماه» که پدیده‌ای شبیه پدیده قبل ایجاد می‌کند.
- ۵- بعضی از افراد حساس، به ویژه زنها، در لحظه‌ای که طول شب و روز برابر می‌شود، خود را «ناخوش» و «ناتوان» حس می‌کنند و نمی‌توانند (دکترها نیز) علتی برای این ناخوشی بیابند. فقط می‌گویند که در اثر «تغییر فصل» است



$\text{O}_p^-$  تشکیل شده در واکنش ۱، بلافاصله بر طبق واکنش ۲ به  $\text{O}_p^-$  تبدیل می‌شود.  $\text{O}_p^-$  می‌تواند به صورت هیدراته در آید و یا با  $\text{CO}_2$  متحد شود و  $\text{CO}_p^-$  تشکیل دهد.  $\text{O}_p^-$  و  $\text{O}_p^-$  می‌توانند با غلظت نزدیک به  $\text{O}_p^-/\text{O}_p^- > 8$ ، در فشار و دمای معمولی، با یکدیگر در حال تعادل باشند (در سال ۱۹۶۸، کنوی (Conway) و نسبیت (Nesbitt)). در این صورت،  $\text{O}_p^-$  به  $\text{O}_p^-(\text{H}_2\text{O})$  تبدیل می‌شود. به علت غلظت بالای بخار آب در تروپوسفر، واکنش ۵ نمی‌تواند انجام شود، ولی در استراتوسفر انجام می‌شود. بخار آب در انجام واکنشها نقش پر اهمیتی بعهده دارد و مثلاً  $\text{O}_p^-(\text{H}_2\text{O})$  در نهایت به  $\text{O}_p^-(\text{H}_2\text{O})_n$  با  $n=4$  تبدیل می‌شود که با پایدارترین یون مطابقت می‌کند (واکنش ۸). تعداد مولکولهای آب متصل به  $\text{O}_p^-$ ، در هر برخورد با مولکولهای گازهای اطراف تغییر می‌کند. در نتیجه، به یک حالت تعادل دست می‌یابیم که در آن بالاترین مقدار  $n$ ، ۳ یا ۴ است. همچنین معلوم شده است که  $\text{CO}_p^-$  یکی از یونهای بسیار پایدار است (پاک Pack و فلپس Phelps، ۱۹۶۶) و در مخلوطهای  $\text{O}_p$  و  $\text{CO}_p$  مشاهده می‌شود. گرچه تمایل  $\text{CO}_p^-(\text{H}_2\text{O})_n$  برای جذب الکترون معلوم نیست اما می‌توان تصور کرد که از تمایل  $\text{CO}_p^-(\text{H}_2\text{O})_n$  کمتر است. موهن تصور می‌کند که  $\text{CO}_p^-(\text{H}_2\text{O})_n$  می‌تواند از طریق واکنشهای ۹ و ۱۰ تشکیل شود، ولی از طریق واکنش ۳۴ نیز به وجود می‌آید. تشکیل شدن مجموعه یونیزه‌های  $\text{O}_p^-(\text{H}_2\text{O})_n$  در کمتر از  $10^{15}$  (یک میکروثانیه) انجام می‌شود، در حالیکه واکنشهایی از نوع ۳۴ با واکنشهایی از نوع ۸ در حال رقابتند. این عمل غلظت  $\text{CO}_p^-(\text{H}_2\text{O})$  را به گونه‌ای بسیار آهسته بالا می‌برد.

بازهم باید یادآور شد که سازندگان کمیاب جو نظیر  $\text{O}_p$ ،  $\text{NO}$ ،  $\text{N}_2\text{O}$ ،  $\text{NO}_2$  و غیره در مکانیسم تشکیل یونهای منفی نهایی تروپوسفر دخالت ندارند. برای این که این اجزاء نیز دخالت داشته باشند، غلظت بخار آب باید تا کمتر از  $10^{-15} \times 9$  در سانتی‌متر مکعب پایین بیاید. ولی این امکان نیز وجود دارد که یونهای منفی نهایی، با مقادیر بسیار کم گازهای الکترون‌گاتیو، موجود در یک جو آلوده، وارد واکنش شوند.

اطاقها دارای یون مثبت، بعضی دیگر دارای یون منفی و بالاخره تعدادی از اطاقها نیز از هوای آزمایشگاه پر شده بودند، هنگامی که موشها را در این مجموعه رها کردند، در تمام اطاقها به رفت آمد پرداختند و بعد از چند ساعت، هنگامی که آرام گرفتند ملاحظه شد که اطاقهای دارای یون مثبت خالی است، در اطاقهایی که هوای عادی (هوای آزمایشگاه) داشتند، تعداد کمی موش وجود دارد و اطاقهایی که دارای یون منفی بودند، مملو از موش است.

### یونهای منفی و پدیده‌های هواشناسی

بررسی‌های دراز مدت (دوازده ساله) بر روی حالت یونیزاسیون جو در استونی (Estonie) به وسیله پرولر (Pruller) و رینت (Reinet) به عمل آمده است. این دانشمندان ملاحظه کردند که غلظت متوسط یونهای کوچک در زمستان کم است. غلظت این یونها در فاصله ماه مه تا ماه ژوئیه (نیمه اردیبهشت تا اوایل مرداد)، که با گرم شدن خاک مطابقت می‌کند، به حد اکثر می‌رسد. در نتیجه، یک جریان هوا به سمت بالا به وجود می‌آید و از صخره‌ها گازهای رادیو آکتیو متصاعد می‌شود. این پدیده با تابش آفتاب نیز در ارتباط است. اگر هوا تمیز و بدون مواد حاصل از احتراق و عاری از گردوغبار و بخار آب اضافی باشد، غلظت یونهای کوچک خیلی بیشتر از غلظت یونهای بزرگ خواهد بود. در یک جو آلوده، این نسبت معکوس می‌شود.

بنابراین، حالت یونیزاسیون جو، در مجموع، نشانه بسیار دقیقی از درجه آلودگی هواست. اگر نسبت غلظت یونهای مثبت به غلظت یونهای منفی به ۵۰ برسد و یا از آن تجاوز کند، خطر جدی و کشنده است، همان طور که چندین مرتبه هنگام مه‌گرفتگی در لندن، لوس آنجلس و جاهای دیگر پیش آمده است.

پرولر و رینت حالت یونیزاسیون جو را در رابطه با پدیده‌های هواشناسی مورد بررسی دقیق قرار داده‌اند. این دو دانشمند تأثیر یونهای هوایی را بر مرگ‌ومیر و امراض قلبی و عروقی نیز مطالعه کرده‌اند. هنگامی که غلظت یونهای منفی کوچک بیشتر است، از مرگ‌ومیر و تعداد امراض مذکور کاسته می‌شود. مرگ‌ومیر و همچنین تغییرات منحنی‌های امراض

و حق دارند، زیرا حالت یونی جو دگرگون شده است. این تغییر کمتر از حالت‌های قبلی است.

۶- تعداد مرگ‌ومیر ناگهان در بعضی از روزها، که ظاهراً با روزهای دیگر تفاوت ندارند، بالا می‌رود. این پدیده از به هم خوردگی یونیزاسیون جو که خود نتیجه انقلابهای خورشیدی است، ناشی می‌شود.

۷- ناخوشی حاصل از هوای تهویه مطبوع یا هوای کنترل شده. این ناخوشی از این واقعیت ناشی می‌شود که صافی‌ها و هواکش، یونهای منفی را نابود می‌کنند.

۸- حالت خوشی که در جنگل، یعنی جایی که عوامل کلروفیلی مقدار زیادی اکسیژن یونیزه (منفی) تولید می‌کنند.

۹- حالت خوشی که بعد از باران، در نزدیکی آبشار یا

حتی در نزدیکی یک فواره یا زیر دوش احساس می‌شود، ناشی از به وجود آمدن یونهای منفی در اثر لندارد است.

۱۰- هوای «خوب» مراکز خوش آب‌وهوای مشهور را که مملو از یونهای منفی است، معمولاً ناشی از رادیو آکتیوی خاک می‌دانند. با وجود این، نقش یونها در دادن احساس خوشی یا ناخوشی خلاصه نمی‌شود، بلکه برای زندگی موجودات زنده ارزش حیاتی دارند.

حیواناتی (از هر نوع) که هوای تنفسی آنها عاری از یون باشد (به شرط آنکه سایر شرایط محیطی به دقت ثابت نگهداشته شود) بنا بر نوع حیوان، ظرف ۳ تا ۱۱ روز می‌میرند. هنگام تشریح ملاحظه می‌شود که این حیوانات در اثر خفگی مرده‌اند، در حالیکه هوای معمولی آزمایشگاه در اختیار آنها بوده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که جذب اکسیژن به وسیله هموگلوبین، فقط با کمک کاتالیزوری یونهای منفی صورت می‌گیرد و به این ترتیب یون منفی برای جذب مولکولهای اکسیژن خنثی و اکسیداسیون هموگلوبین کفایت می‌کند. این مطلب «احتیاج هوایی» شهرنشین‌ها و گوشه‌گیرها را نیز به «اکسیژن‌دار کردن» خود توجیه می‌کند. کسانی که به بیلاق می‌روند، در جستجوی اکسیژن نیستند (زیرا حتی در محل‌هایی که خیلی بد تهویه می‌شوند، هرگز کمبودی از نظر اکسیژن مشاهده نمی‌شود)، بلکه در جستجوی یون منفی، یعنی کاتالیزور ضروری برای تنفس به بیلاق می‌روند.

آزمایش بونوی (Bonnie) این حقیقت را آشکار می‌سازد. این دانشمند برای موشها اطاقهایی ساخت که از طریق یک راهرو با یکدیگر در ارتباط بودند. بعضی از این

باشد، پایین یا بالا می‌برند و بر روی فشارخون عادی بدون تأثیر می‌مانند.

یونهای منفی سیستم هورمونی بدن را تنظیم می‌کنند و تعادل لازم را دوباره برقرار می‌سازند. برای مثال، یونهای منفی در انسان و حیوانات متعادل، برای مدت زمانی کوتاه، موجب ترشح ادرار می‌شوند. این یونها در عین حال موجب ترشح هیپوتالاموس (هورمون ضد ادرار) نیز می‌شوند، ولی به نظر می‌رسد که ترشح هیپوتالاموس در مورد اشخاصی که دچار کمبود ادرار هستند، انجام نمی‌شود.

در زیر چند اثر حفاظتی اورگانسیم زنده را ذکر می‌کنیم:

- ۱- می‌دانیم که نای و ششها از مژه‌های نوسان‌کننده پوشیده شده‌اند و نقش آنها معانعت از ورود گردوغبار در حفره‌های ششی است. ذرات گردوغبار، بعد از پوشیده شدن از يك مایع چسبنده، به وسیله این مژه‌ها به سوی بالا باز می‌گردند. یونهای مثبت حرکت نوسانی مژه‌ها را آهسته و یونهای منفی تسریع می‌کنند و بدین وسیله قدرت دفاعی آنها را افزایش می‌دهند.
- ۲- یونهای منفی دستگاه ایمنی و مقاومت بدن را در برابر بیماریهای مسری، به ویژه گریپ که از راه هوا منتقل می‌شوند، تقویت می‌کنند. موشهایی که با مقادیر کشنده از ویروس گریپ تلقیح شده‌اند، اگر در جو یونیزه منفی قرار گیرند، به زندگی خود ادامه خواهند داد.

- ۳- یونهای منفی مانع خستگی و حتی برطرف‌کننده خستگی، خواه روحی و خواه جسمی، هستند. از این رو، در روسیه شوروی برای جلوگیری از حوادث ناشی از خستگی کار روزانه، و همچنین برای جلوگیری و کم کردن اشتباهات ماشین نویسها، بایگانها و برنامه نویسها (که اغلب در مکانهای سر بسته و بدون تهویه کافی کار می‌کنند)، از یونهای منفی کمک می‌گیرند.

- ۴- یونهای منفی اثرات «فشار زندگی» در شهرهای بزرگ را بر طرف می‌کنند و به ویژه در برابر عصبانیت، حمله‌وری، فشار عصبی و بی‌خوابی بسیار سودمند هستند.

- ۵- یونهای منفی عوامل جنسی را تقویت و توانایی‌های ورزشی و کوهنوردی را افزایش می‌دهند.

- ۶- یونهای منفی حالت جوانی را حفظ می‌کنند و احتمالاً به علت اثر ضد سخت شدن عضلات (Anti Sclerose) حتی اثری جوان‌کننده دارند.

قلبی - عروقی کسه به مدت دو سال دنبال شده‌اند، برعکس منحنی‌های غلظت متوسط ماهیانه یونهای کوچک است.

این دو دانشمند به طرز شگفت‌انگیزی ثابت کرده‌اند که پژوهش در زمینه اثرات بیولوژیکی پدیده‌های هواشناسی نباید به مطالعه دما، رطوبت، فشار بارومتري، باد، رسوب گردوغبار و تشعشعات خورشیدی محدود شود، بلکه حالت یونی جو نیز باید مورد توجه دقیق قرار گیرد.

## اثرات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی یونهای هوایی

### Aero - Ions

کارهای متعددی بیان و روسها نشانگر تأثیر یونهای هوایی بر ارگانسیمهای زنده است و پژوهشهای يك دانشمند فرانسوی موسوم به اولیورو (Olivereau)، این بررسی‌ها را تا حد روان - فیزیولوژی (Psycho - Physiology) گسترش داده است. به طور کلی، تأثیر یونهای مثبت و منفی بر میکروارگانسیمها یکسان است: آنها را نابود می‌کند. ولی بنظر می‌رسد که این اثر میکروب کش یونها، از زیاد شدن بار الکتریکی، یعنی در اثر برق گرفتگی باشد.

در مورد گیاهان، یونهای منفی سبب تحریک رشد و تولید پروتئین می‌شوند. یونهای مثبت تأثیری معکوس بر جای می‌گذارند. در مورد حشرات نیز همین اثرها مشاهده می‌شود: لارو حشرات در اثر یونهای منفی سریعتر رشد می‌کند. برای مثال، در مورد کرم ابریشم، پله سریعتر تشکیل می‌شود و مقدار بیشتری ابریشم دارد.

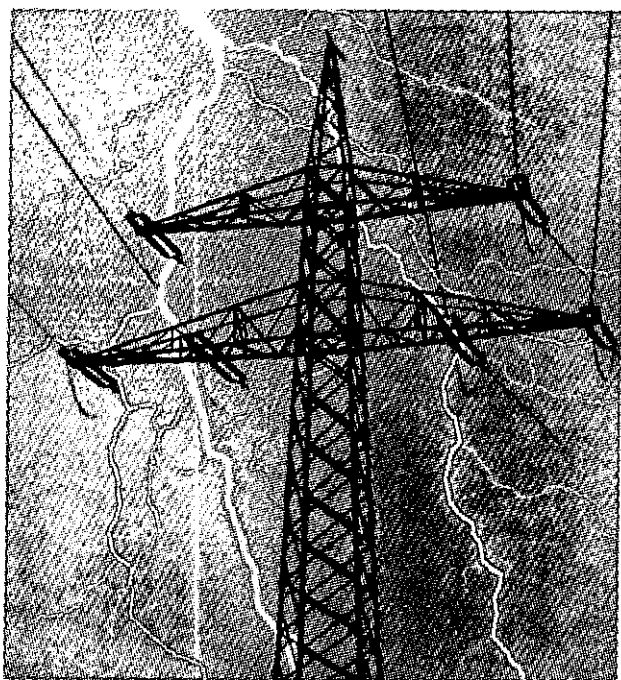
در مورد پستانداران و به ویژه انسان می‌توان این قاعده عمومی را ابراز کرد که اثر یونهای منفی عکس اثر یونهای مثبت است. اثر آنیونها سودمند و اثر کاتیونها زیان آور است. هر چند که این قاعده مطلق نیست، در عمل می‌توان از آن استفاده کرد. در زیر فقط اثر یونهای منفی را مورد توجه قرار می‌دهیم، البته اثر یونهای مثبت نتیجه‌ای معکوس خواهد داشت.

یونهای منفی دارای این خاصیت عجیب و ارزشمند هستند که موجب تحریک و در نهایت موجب عادی شدن اعمال مختلف فیزیولوژیکی و برقراری تعادل‌های موجود، که به نحوی به هم خورده‌اند، می‌شوند. برای مثال، یونهای منفی، فشارخون افرادی را که فشارخونشان خیلی بالا یا خیلی پایین

متأسفانه پژوهش در این زمینه به تخصصهای گوناگون از قبیل: فیزیک (و حتی ریاضی)، شیمی، زیست‌شناسی، فیزیولوژی، روان - فیزیولوژی، بهداشت، معالجه، اکولوژی، هواشناسی، شهرداری و غیره نیاز دارد. از این رو، انستیتو بین‌المللی بونولوژی: (International Institute of Ionology) به وجود آمده که در آن پژوهشگران برجسته تمامی جهان گرد آمده‌اند و هدفهای زیر را دنبال می‌کنند:

- ۱- آگاه کردن پژوهشگران از کارهایی که در تمام کشورها صورت می‌گیرد.
- ۲- آگاه کردن استفاده‌کنندگان، یعنی پزشکان، بهداشت کاران، مهندسين، شهرداران، کشاورزان و غیره.
- ۳- آگاه کردن مسئولین مردمی در مدون کردن قوانین و مقررات فردی برای دستگاههای تولیدکننده یون (به نحوی که از حقه بازی و گمراه کردن مردم جلوگیری کند) و همچنین دستگاههای اندازه‌گیری.
- ۴- آگاه کردن مردم.

پایان



بدین ترتیب، ملاحظه می‌شود که یونهای منفی کاربردهای بیشماری در بهداشت و درمان ارائه می‌دهند.

## یونیزه‌کننده‌ها

قبل از آنکه این مقاله طولانی و در عین حال خلاصه را به پایان بریم، چند کلمه‌ای نیز درباره چگونگی تولید مصنوعی یونها گفتگو می‌کنیم.

در روش اول، از خاصیت یونیزه‌کننده اشعه اجسام رادیواکتیو (به ویژه تریتیم) استفاده می‌شود. البته این تشعشعات بدون خطر نیستند. در ایالات متحده آمریکا، رادیواکتیوی این دستگاهها به نحوی محدود شده که تولید یون به وسیله آنها بسیار ضعیف است.

در روش دوم از اثر لنارد، به وسیله پرتاب یا غبار کردن آب استفاده می‌کنند. دستگاههایی که از این روش کمک می‌گیرند نیز قدرتمند نیستند و کاربرد آنها بسیار محدود است. در روش سوم (که به ویژه در فرانسه مورد استفاده قرار گرفته است)، از تصعید الکتریکی، کمک گرفته می‌شود. این دستگاهها قدرتمند و قابل استفاده هستند، ولی نقص عمده و خطرناک آنها این است که ازون و اکسیدهای نیتروژن تولید می‌کنند و موجب تحریک مجاری تنفسی می‌شوند و به ویژه امروزه معلوم شده است که بیسارسمی و خطرناکند و مخصوصاً آنکه سمیت این مواد مدتها از نظر مخفی می‌ماند. ولی اخیراً توانسته‌اند این نقیصه را بر طرف کنند.

## نتیجه

شناختن یونهای موجود در جو و تأثیر آنها بر اورگانسیم زنده اجازه می‌دهد که تأثیر بعضی از پدیده‌های هواشناسی را بر موجودات زنده توجیه کنیم. تولید مصنوعی یونهای منفی برای معالجه و بهداشت و در بعضی شرایط، مبارزه با آلودگی جو، مبارزه با بیماریهای مسری و مبارزه با خستگی و پیری زودرس بسیار ارزشمند است.

با وجود این، اگر چه کاربرد عملی یونهای منفی بسیار متعدد و امکان‌پذیر است، هنوز باید چگونگی اثر آنها را به درستی روشن سازیم، ماهیت دقیق آنها و روشهای تولیدشان را مشخص کنیم.



شماره .....  
تاریخ .....  
پرست .....  
.....

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
معاونت امور آموزشی

از: معاونت امور آموزشی (گروههای آموزشی)  
به: ادارات کل آموزش و پرورش استانهای کشور  
موضوع: گروه آموزشی شیمی

بدین بخشنامه شماره ۱۰/آموز-۵/۶۶/۸/۶۶ ضمن اعلام تشکیل گروه آموزشی شیمی در این معاونت

نظر همکاران محترم رابنکات زیر جلب مینماید:

۱- بخشنامه شماره ۳۴/۶۸۱/ت ب-۸/۶۶/۲/۸۶۶ فتر تحقیقات و برنامه ریزی درسی و ضوابط آن را در مورد آموزش و ارزشیابی درسی شیمی مورد تاکید قرار داده و در تمام رشته پایه های متوسطه لازم الاجراست

۲- مسئولین اجرایی و گروههای آموزشی پس از برگزاری امتحانات از طریق بررسی سئوالات امتحانی، اجرای دقیق بخشنامه فوق را بهیچوجه نباید بهیچگونه آموزش مرکز به سبب خود این کار را انجام خواهد داد.

۳- چنانچه تا بحال بخشنامه فوق الذکر با اطلاع گروههای آموزشی و دبیران شیمی نرسیده است در اسرع وقت اقدام لازم بعمل آید. ضمناً جهت اطلاع بیشتر یاد آور میگرد که این بخشنامه و ضوابط آن در مجله رشد شیمی شماره ۱۱ تحت عنوان زنگ خطر در آموزش شیمی چاپ شده است.

۴- از طرح نمودن سئوالات خارج از برنامه درسی که دانش آموز برای رسیدن به جواب درست آن هیچ ملاکی در متن کتاب درسی نمیباشد خودداری شود.

۵- یک نمونه از سئوالات امتحانی پایه ها و رشته های مختلف درسی که در سطح استان طرح خواهد کرد بدین مرکز ارسال فرمائید.

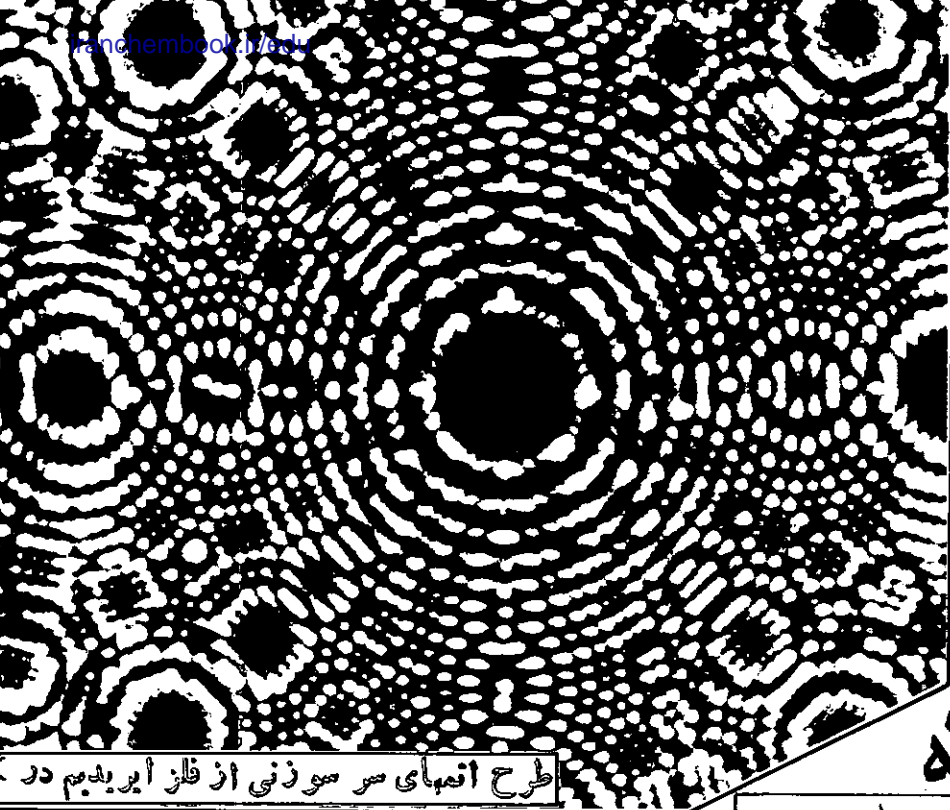
علی اصغر فانی

معاونت امور آموزشی

رونوشت: به اداره کل امتحانات جهت رعایت در امتحانات استانی و

مسابقات تربیت معلم

۱۳۷۷



# چند مطلب درباره فلزات واسطه

طرح انبهای سر صوزنی از فلز ایریدیم در

دکتر منصور عابدینی  
استاد دانشگاه تهران

این مقاله در ارتباط با کتاب شیمی سال سوم علوم  
تجربی - ریاضی و فیزیک تهیه شده است.

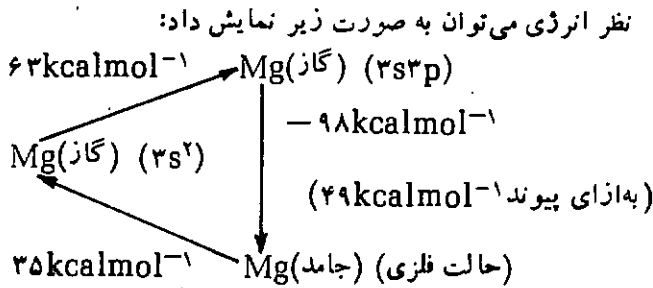
ویژه‌ای به شرح زیر دارند که آنها را از فلزات گروه‌های اصلی جدول تناوبی متمایز می‌سازد:  
(۱) جلای فلزی دارند، می‌توان آنها را تغییر شکل داد، رسانایی الکتریکی و گرمایی آنها بالاست، فلزاتی سخت و محکم هستند و عموماً نقطه ذوب و جوش بالایی دارند.

در جدول تناوبی، سه سری از عناصر وجود دارند که در آنها ترازهای انرژی  $3d$ ،  $4d$  و  $5d$  به وسیله الکترون‌ها اشغال می‌شوند. این سریها به ترتیب در تناوبهای چهارم، پنجم و ششم، بعد از فلزات قلیایی خاکی قرار دارند و آنها را سریهای «فلزات واسطه» می‌نامند. این فلزات خواص

جدول (۱) گرمای اتمی شدن\* (بر حسب کیلوکالری بر مول در  $25^\circ\text{C}$ ) و نقطه ذوب ( $^\circ\text{C}$ ) فلزات

Li 38.1 180°	Be 77.5 1283°											
Na 25.6 97.5°	Mg 35.0 650°	Al 78.7 660°										
K 21.3 63.4°	Ca 42.6 850°	Sc 90.3 1539°	Ti 112.5 1725°	V 123 1730°	Cr 95 1900°	Mn 67.7 1247°	Fe 99.3 1535°	Co 101.7 1493°	Ni 102.9 1455°	Cu 80.7 1083°	Zn 31.2 420°	
Rb 19.3 38.8°	Sr 39.5 770°	Y 101.0 1509°	Zr 144.5 1852°	Nb 175.2 2487°	Mo 157.6 2610°	Tc 158	Ru 155.8 2400°	Rh 133 1960°	Pd 90.0 1550°	Ag 68.1 961°	Cd 26.7 321°	
Cs 18.2 28.7°	Ba 43.5 704°	La 103.1 920°	Hf 148.5 2300°	Ta 187 2997°	W 205.5 3380°	Re 185.4 3150°	Os 188.6 2700°	Ir 160.3 2454°	Pt 134.9 1769°	Au 88.0 1063°	Hg† 15.3 -38.9°	

\* L. Brewer, Lawrence Berkeley Laboratory Report «LBL - 3720 Rev., May 1977».



در مورد فلزات واسطه، به علت شرکت الکترونهاي d در تشکیل پیوند فلزی، تعداد پیوندها به ازای اتم، افزایش می یابد، ولی سرانجام به واسطه زوج شدن الکترونهاي d و افزایش انرژی لازم برای ارتقای الکترونها، تعداد پیوندها به ازای اتم تنزل پیدا می کند.

در باره انرژی پیوند فلزی و همچنین ساختمان بلور فلزات و آلیاژها، توسط انگل (Engel) و بروور (Brewer) دو نفر از محققینی که در این زمینهها مطالعات وسیعی دارند، قواعد سودمندی به شرح زیر وضع شده است: در یک فلز یا آلیاژ، انرژی پیوند فلزی، به متوسط تعداد الکترونهاي جفت نشده به ازای اتم، که برای تشکیل پیوند فراهم است، بستگی دارد. آرایشهای الکترونی برانگیخته کم انرژی، که تعداد الکترونهاي جفت نشده در آنها بیشتر از حالت اصلی است، در صورتی که پیوندهای جفت الکترونی اضافی بتوانند انرژی لازم برای ارتقای الکترون را تأمین کنند، ممکن است از نظر تشکیل پیوند حائز اهمیت باشند.

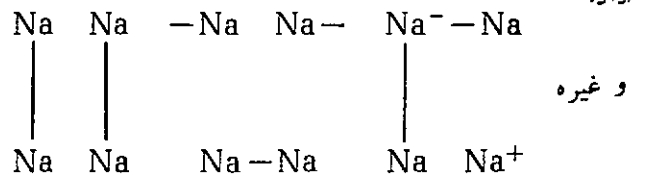
دومین قاعده انگل و بروور که به ساختمان بلور فلزات مربوط است بدینسان بیان می شود: ساختمان بلور یک فلز به متوسط تعداد اودیتهالهای s و p به ازای اتم که در تشکیل پیوند شرکت می کنند، یا به عبارت دیگر، به متوسط تعداد الکترونهاي جفت نشده s و p موجود در اتم در حالتی که «آماده برای تشکیل پیوند است» بستگی دارد. ساختمان بلور یک فلز وقتی متوسط تعداد الکترونهاي پیوندی s و p برابر با یا کمتر از ۱/۵ باشد به صورت مکعبی مرکز پر (bcc) است، و وقتی این تعداد بین ۱/۷ تا ۲/۱ باشد هگزاگونالی فشرده (hcp) است. و برای مقادیر بین ۲/۵ تا ۳/۲ ساختمان مکعبی فشرده (ccp) مشاهده می شود\* (شکل ۱). البته در موردی که تعداد الکترونهاي s و p به رقم ۴ نزدیک باشد ساختمان غیر فلزی الماس مانند را مشاهده می کنیم.

۲) اکثر این فلزات حالت های اکسیداسیون متعدد دارند و اختلاف بین آنها یک واحد است، برعکس فلزات گسروههای اصلی که در صورت داشتن حالت های اکسیداسیون متعدد، اختلاف بین آنها ۲ است (مثل  $\text{Sn}^{II}$  و  $\text{Sn}^{IV}$ ).

۳) تمایل شدیدی برای تشکیل ترکیبات کوئوردیناسیون دارند.

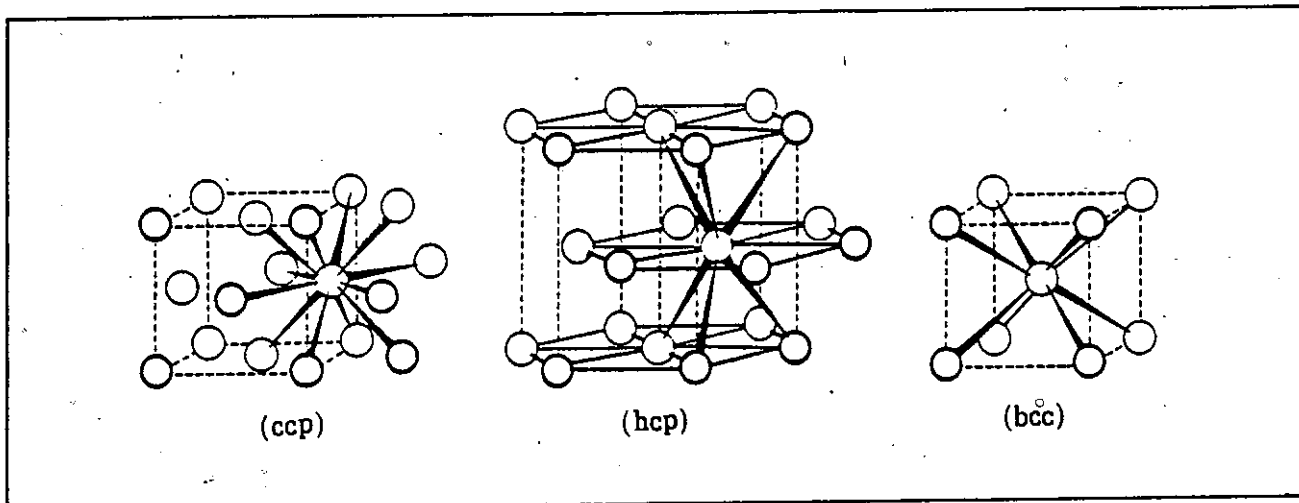
بسیاری از خواص فلزات، مثل فعالیت شیمیایی، سختی، استحکام، نقطه ذوب و نقطه جوش را می توان با قدرت اتصال اتمهای فلز به یکدیگر، مرتبط دانست. این قدرت اتصال، به وسیله انرژی لازم برای تبدیل فلز جامد به اتمهای گازی، یعنی انرژی اتمی شدن، تعیین می شود. چنانکه انتظار می رود فلزاتی که انرژی اتمی شدن آنها پایین است عموماً نرمند و نقطه ذوب پایینی دارند و فلزاتی که انرژی اتمی شدن آنها بالاست عموماً سختند و نقطه ذوب بالایی دارند. در جدول (۱) گرمای اتمی شدن و نقطه ذوب اکثر فلزات داده شده است.

در فلزات غیر واسطه (گسروههای I و II) انرژی اتمی شدن از چپ به راست افزایش می یابد و این نظام در عناصر مقدم (سه چهارعنصر اول) سریهای واسطه همچنان ادامه دارد. این نظام کلی به خوبی نشان می دهد که انرژی تشکیل پیوند فلزی با تعداد الکترونهاي والانس مربوط است. سدیم که یک الکترون والانس دارد، ۳s، به ازای هر اتم فقط می تواند یک پیوند جفت الکترونی داشته باشد و در شبکه بلور این فلز، پیوند مذکور به طور تساوی بین اتمهای مجاور به صورت پیوندهای جزئی، توزیع شده است و ساختمان این فلز را می توان به طور تقریب به صورت هیبریدی از شکل های رزونانسی زیر نشان داد:



اتم منیزیم که آرایش الکترونی لایه والانس آن به صورت  $3s^2$  است به وسیله ارتقای الکترون به تراز انرژی 3p، برای تشکیل پیوند «آماده» می شود. از این رو، اتم منیزیم می تواند با اتمهای مجاور خود در شبکه بلور فلز، دو پیوند به ازای هر اتم توزیع کند. تشکیل حالت جامد منیزیم را از

\* (bcc) = body-centered cubic  
 (hcp) = hexagonal close-packed  
 (ccp) = cubic close-packed



شکل (۱) نمایش سه شبکه متداول در فلزات

می باشند. به هر حال، تا کنون توضیح ساده‌ای برای ساختمانهای خاصی که مشاهده می‌شوند وجود ندارد.

ساختمان بلورهای فلزات در جدول (۲) داده شده است. بر طبق پیشگویی قاعده دوم در بالا، تمامی فلزات قلیایی ساختمان مکعبی مرکز پر (bcc) دارند، ولی در مورد فلزات قلیایی خاکی، فقط بریلیم و منیزیم از این قاعده تبعیت می‌کنند و ساختمان آنها به صورت هگزاگونالی فشرده (hcp) است. وجود ساختمان مکعبی مرکز پر برای کلسیم، استروسیم و باریم به این ترتیب توضیح داده می‌شود که چون به طور کلی با بالا رفتن عدد اتمی، اهمیت نسبی اوربیتالهای d افزایش

بر اساس قاعده دوم، ساختمان فلز فقط با تعداد الکترونهاي جفت نشده s و p در حالت آماده برای تشکیل پیوند، مربوط است. در واقع، قاعده دوم را می‌توانیم بر اساس تعداد الکترونهاي p بیان کنیم. یعنی آرایشهای الکترونی دارای ۱، ۲، ۳ و ۴ الکترون s و p معادل با ۱، ۲، ۳ و ۴ الکترون p است. در هر دو صورت، تعداد الکترونهاي جفت نشده d در ارتباط با ساختمان بلور فلز به حساب نمی‌آید اگرچه این الکترونها در انرژی اتمی شدن فلز مؤثرند. بستگی ساختمان فلز به تعداد الکترونهاي p احتمالاً مربوط به این واقعیت است که اوربیتالهای p در مقایسه با اوربیتالهای s و d کاملاً جهت‌دار

جدول (۲) ساختمان بلورهای فلزات\*

Li bcc	Be hcp										
Na bcc	Mg hcp	Al ccp									
K bcc	Ca bcc ccp	Sc bcc hcp	Ti bcc hcp	V bcc	Cr bcc	Mn bcc ccp $\beta$ $\alpha$	Fe bcc ccp bcc	Co ccp hcp	Ni ccp	Cu ccp	Zn hcp
Rb bcc	Sr bcc hcp	Y bcc hcp	Zr bcc hcp	Nb bcc	Mo bcc	Tc hcp	Ru hcp	Rh ccp	Pd ccp	Ag ccp	Cd hcp
Cs bcc	Ba bcc	La bcc ccp hcp	Hf bcc hcp	Ta bcc	W bcc	Re hcp	Os hcp	Ir ccp	Pt ccp	Au ccp	

\* L. Brewer, Science, 161, 115 (1968).

$d^5s^1p^0$  مطابقت کند اینس آلیاژ ساختمان bcc خواهد داشت. بر این اساس، پیشگویی می‌شود که حداکثر کسر مولی برای انحلال پذیری فلزاتی چون رنیم (Re)، اسمیم (Os)، ایریدیم (Ir) و پلاتین (Pt) در فاز bcc تنگستن آن مقداری باشد که با  $6/5$  الکترون والانس به ازای اتم مطابقت دارد. کسر مولی پیشگویی و مشاهده شده در جدول (۳) داده شده است. اگر چه سازگاری بین این دو مقدار به هیچ وجه صددرصد نیست، با اینهمه، با استفاده از قواعد انگل و بروور می‌توان به پیشگویی‌های کیفی دست یافت.

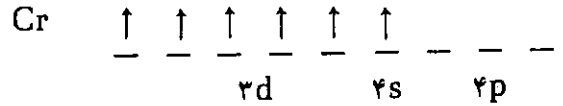
جدول (۳) حداکثر انحلال پذیری (بر حسب درصد مولی) تعدادی از فلزات در فاز bcc تنگستن (W)

فلز	پیشگویی شده	مشاهده شده
Re	۵۰	۲۳-۳۵
Os	۲۵	۲۰-۱۰
Ir	۱۶/۷	۱۵-۱۰
Pt	۱۲/۵	۱۰-۴

کاربرد دیگر این قواعد، پیشگویی اثر افزایش مقدار کمی از يك فلز آلیاژ دهنده بر پایداری نسبی دو ساختمان بلوری است. به طوری که در جدول (۲) ملاحظه می‌شود، تیتانیوم (Ti)، زیر کینیم (Zr) و هافنیم (Hf) می‌توانند ساختمانهای bcc یا hcp (که به ترتیب با آرایشهای الکترونی  $d^2s$  و  $d^3sp$  مطابقت می‌کند) داشته باشند. با اضافه کردن فلزاتی که در سمت راست آنها قرار گرفته‌اند و از الکترون d غنی هستند، تشکیل پیوند فلزی با مشارکت اوربیتال d تقویت شده، موجب پایداری ساختمان bcc می‌شود، ولی برعکس، با افزودن فلزاتی که الکترون d ندارند، ساختمان hcp تقویت می‌شود. کلیه داده‌های تجربی موجود در تأیید این پیشگویی‌هاست.

بروور نشان داده است که فلزاتی مانند زیر کینیم (Zr)، نیوبیم (Nb)، تانتال (Ta) و هافنیم (Hf) که از لحاظ الکترون d فقیرند با فلزاتی مانند رنیم (Re)، روتنیم (Ru)، رودیم (Rh)، ایریدیم (Ir)، پلاتین (Pt) و طلا (Au)، آلیاژهای فوق‌العاده پایداری تشکیل می‌دهند. برای مثال، چنانچه پلاتین را با ZrC (کریید زیر کینیم که یکی از پایدارترین کرییدهای شناخته شده است) حرارت دهیم آلیاژ

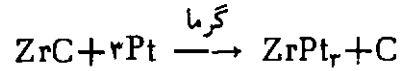
می‌یابد، در موارد فوق، برانگیختگی به حالت  $(n-1)dns$  از نظر انرژی نسبت به برانگیختگی به حالت  $nsnp$  برتری دارد. متأسفانه برای ساختمان مکعبی فشرده (ccp) که در کلسیم و استرنسیم مشاهده می‌شود توضیح ساده‌ای وجود ندارد. وجود ساختمانهای bcc و hcp اسکندیم، ایتیریم ولانتان (درمقایسه با ساختمان عادی ccp آلومینیم) را می‌توان همانگونه که برای کلسیم، استرنسیم و باریوم توضیح داده شد، توجیه کرد. به طوری که در جدول (۲) ملاحظه می‌شود در هر يك از سریهای واسطه، چهار عنصر اول، ساختمان bcc دارند. در این موارد می‌توان گفت که آرایش الکترونی حالت آماده برای تشکیل پیوند به صورت  $d^3s$  (در اینجا نماینده تعداد الکترونها و والانس می‌باشد) است. مثلاً برای کروم این آرایش الکترونی به صورت زیر نمایش داده می‌شود:



برای عناصری که بلافاصله در سمت راست گروه کروم، مولیبدن و تنگستن قرار گرفته‌اند، برای اینکه مشارکت اوربیتالهای d را در تشکیل پیوند فلزی در حداکثر مقدار ممکن آن حفظ کنیم، الکترونها اضافی را عموماً در اوربیتالهای p وارد می‌کنیم. ولی، با اضافه شدن تعداد الکترونها، الکترونهاي d به صورت زوج در می‌آیند و سرانجام به وضعیتی می‌رسیم که تشکیل پیوند فلزی مجدداً به اوربیتالهای s و p محدود می‌شود. در مس، نقره و طلا آرایش الکترونی حالت آماده برای تشکیل پیوند به صورت  $d^9sp^2$  است که با ساختمان ccp و تشکیل پنج پیوند به ازای اتم، مطابقت دارد. در روی و کادمیم، اتصال الکترونهاي d محکم است و به آسانی برانگیخته نمی‌شوند و در این اتمها حالت آماده برای تشکیل پیوند به صورت  $d^10sp$  است که با ساختمان hcp و دو پیوند به ازای اتم، مطابقت دارد. و به طوری که در جدول (۱) ملاحظه می‌شود، انرژی اتمی شدن به طور کیفی با توصیفی که در بالا درباره پیوند فلزی ارائه داده شد، سازگاری دارد. قواعد انگل و بروور را در مورد آلیاژها هم می‌توان به کار برد. در سریهای واسطه، فلزات مقدم که در حالت آماده برای تشکیل پیوند، کمتر از پنج الکترون d دارند می‌توانند تا رسیدن به آرایش الکترونی  $d^5$  از اتمهای فلزات دیگر الکترون بپذیرند. به این ترتیب، در آلیاژ يك فلز واسطه، چنانچه متوسط تعداد الکترونهاي والانس کمتر از  $6/5$  باشد و با آرایش الکترونی حالت آماده برای تشکیل پیوند

ZrPt<sub>3</sub> و گرافیت تشکیل می‌شود.

$$E \begin{cases} 4s & \uparrow\downarrow & -6/62eV \\ 3d & \uparrow & -7/98eV \end{cases}$$



### اثر دافعه بین الکترونی

سؤالی که در اینجا می‌توان مطرح کرد این است که اگر اوربیتال 3d پایدارتر از اوربیتال 4s است پس چرا در حالت اصلی اوربیتال 4s به وسیله الکترونها اشغال می‌شود؟ در اینجا کمیت دیگری که می‌توان در نظر گرفت، انرژی مربوط به تغییر آرایش الکترونی در زیر است:

$$Sc(3d^1 4s^2) \rightarrow Sc(3d^2 4s^1) \quad \Delta E = 2/03eV \quad (3)$$

و به طوری که ملاحظه می‌شود این تغییر با صرف انرژی همراه است. یعنی، با وجود پایدارتر بودن 3d نسبت به 4s، چنین تغییری با صرف انرژی صورت می‌گیرد. برای توضیح این مطلب لازم است که اثر دافعه بین الکترونی را در نظر بگیریم. در کلیه اتمهای چند الکترونی، در واقع، دو اثر، یکی انرژی جفت شدن اسپین (spin pairing) و دیگری انرژی دافعه بین الکترونی، باید در نظر گرفته شود. انرژی اخیر که نتیجه دافعه کولنی بین بارهای همنام است، برای الکترونها و الانس در اتمهای فلزات واسطه، از انرژی جفت شدن اسپین، که در این بحث از آن صرف نظر می‌کنیم، خیلی بزرگتر است. چنانچه فرض کنیم که بر هم کنش الکترونها درونی در اتم با الکترونها و الانس و همچنین انرژی الکترونها درونی ثابت باشند، می‌توانیم برای نشان دادن انرژی نسبی اتم A که آرایش الکترونی لایه و الانس آن به صورت  $a^m b^n$  است، از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$E(A, a^m b^n) = -mW(a) - nW(b) + \frac{m(m-1)}{2} J(a, a) + mnJ(a, b) + \frac{n(n-1)}{2} J(b, b) \quad (4)$$

در رابطه (4)، W انرژی یونیزاسیون سیستمی است که فقط یک الکترون و الانس دارد و  $J(a, b)$  هم نماینده دافعه بین الکترونی است. در این بررسی، W و  $J$  را به صورت پارامترهای تجربی در نظر می‌گیریم. با به کار بردن رابطه (4) برای اسکندیم، انرژی نسبی  $Sc^+$ ،  $Sc^{2+}$  و Sc به

اسکندیم (Sc)، نخستین عنصر واسطه و آرایش الکترونی آن به صورت  $[Ar]3d^1 4s^2$  است. برای  $Sc^{2+}$  آرایش الکترونی به صورت  $[Ar]3d^1$  است. به طوری که در زیر شرح می‌دهیم در اتمهای فلزات واسطه اثر دافعه بین الکترونی در اشغال اوربیتالهای 3d و 4s نقش مهمی دارد. نتایج تجری برای اسکندیم نشان می‌دهد که برای خارج کردن یک الکترون 4s، 6/62 الکترون ولت و برای الکترون 3d، 7/98 الکترون ولت انرژی لازم است\* یعنی:

$$Sc(3d^1 4s^2) \rightarrow Sc^+(3d^1 4s^1) + e^- \quad (1) \\ IE_{4s} = 6/62eV$$

$$Sc(3d^1 4s^2) \rightarrow Sc^+(3d^0 4s^2) + e^- \quad (2) \\ IE_{3d} = 7/98eV$$

به طوری که ملاحظه می‌شود خارج کردن یک الکترون 4s آسانتر از الکترون 3d است و برای نشان دادن پایداری بیشتر اوربیتال 3d می‌توان نمودار زیر را به کار برد:

\* همانطور که در اتم یئدروژن انرژی یونیزاسیون آن، 13/60 الکترون ولت با انرژی اوربیتال 1s برابر گرفته می‌شود در اتمهای چند الکترونی نیز به طور کیفی از همین رابطه یعنی  $IE_n = -E_n$  استفاده می‌شود. برای تعیین انرژی یونیزاسیون الکترونها و الانس، از روش طیف‌بینی فتوالکترونی (Photoelectron Spectroscopy) و از HeI (هلیم) به عنوان منبع فوتون تکفام ( $h\nu = 21/22eV$ ) استفاده می‌شود. در این آزمایش فقط یونها  $M^+$  تولید می‌شوند. از برخورد فوتونهای تکفام به نمونه‌گازی، الکترونها با انرژی جنبشی  $1/2mv^2$  پرتاب می‌شوند و بر طبق قانون فتوالکترونیک انیشتین داریم:

$$M + h\nu = M^+ + e^- \quad h\nu = IE + \frac{1}{2} mv^2$$

در اینجا تعداد الکترونها منتشر شده و انرژی جنبشی آنها اندازه‌گیری می‌شود و چون مقدار  $h\nu$  ثابت و معلوم است از رابطه فوق انرژی یونیزاسیون به دست می‌آید.

صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E(\text{Sc}, 3d^2 4s^1) - E(\text{Sc}, 3d^1 4s^2) \\ &= 2/03 \text{ eV} = W(s) - W(d) \\ &+ J(d, d) - J(s, s)\end{aligned}$$

و از روی روابط ۸، ۷ و ۹ داریم که:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E(\text{Sc}^+, 3d^0 4s^2) - E(\text{Sc}, 3d^1 4s^2) \\ &= 7/98 \text{ eV} = W(d) - 2J(d, s)\end{aligned}$$

و سرانجام از روی روابط ۷، ۶ و ۹ داریم که:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E(\text{Sc}^+, 3d^1 4s^1) - E(\text{Sc}, 3d^1 4s^2) \\ &= 6/62 \text{ eV} = W(s) - J(d, s) - J(s, s)\end{aligned}$$

به این ترتیب جمله‌های مختلف  $J$  به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$J(d, s) = 8/38 \text{ eV}$$

$$J(d, d) = 11/78 \text{ eV}$$

$$J(s, s) = 6/06 \text{ eV}$$

حال با توجه به نتایج فوق می‌توان دید که چرا آرایش الکترونی حالت اصلی اسکاندیم به صورت  $[\text{Ar}]3d^1 4s^2$  است. بالاتر بودن  $J(d, d)$  نسبت به  $J(s, s)$  به این دلیل است که گسترش اوربیتال  $3d$  نسبت به  $4s$  کمتر است.

### انقباض «لانتانیدی» و انقباض «اسکاندینیدی»

در لانتانیدها به واسطه ضعیف بودن اثر پوششی (shielding effect) الکترونیهای  $4f$ ، بار مؤثر هسته در سری عناصر لانتان ( $\text{La}$ ) تا لوتسیم ( $\text{Lu}$ ) افزایش و همراه آن اندازه اتمها و یونهای مربوط نقصان می‌یابد [شعاع اتمی  $(\text{La}(1/188\text{Å}) - \text{Lu}(1/173\text{Å}))$ ؛ شعاع یونی،  $(\text{La}^{3+}(1/117\text{Å}) - \text{Lu}^{3+}(1/100\text{Å}))$  این نقصان اندازه زیر عنوان «انقباض لانتانیدی» شناخته شده و اثر آن بلافاصله بر روی هافنیم و به تدریج به میزان کمتر بر روی بقیه عناصر در تناوب ششم ظاهر می‌شود. مثلاً اندازه اتم هافنیم ( $Z=72$ )،  $1/44\text{Å}$  با اتم زیرکنیم ( $Z=40$ )،  $1/45\text{Å}$  یکسان بوده و خواص شیمیایی این دو عنصر با اینکه عدد اتمی آنها به اندازه ۳۲ واحد با هم اختلاف دارد، بسیار به هم نزدیک است.

در مورد عناصر واسطه  $3d$  هم، چنانچه یونهای  $+2$  آنها که اندازه‌ای حدود یونهای  $+3$  لانتانیدها دارند،

$$E(\text{Sc}^{2+}, 3d^1 4s^0) = -W(d) \quad (5)$$

$$E(\text{Sc}^{2+}, 3d^0 4s^1) = -W(s) \quad (6)$$

$$\begin{aligned}E(\text{Sc}^+, 3d^1 4s^1) &= -W(d) - W(s) \\ &+ J(d, s)\end{aligned} \quad (7)$$

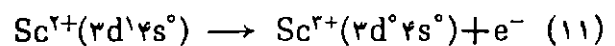
$$E(\text{Sc}^+, 3d^0 4s^2) = -2W(s) + J(s, s) \quad (8)$$

$$\begin{aligned}E(\text{Sc}, 3d^1 4s^2) &= -W(d) - 2W(s) \\ &+ 2J(d, s) + J(s, s)\end{aligned} \quad (9)$$

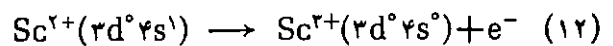
$$\begin{aligned}E(\text{Sc}, 3d^2 4s^1) &= -2W(d) - W(s) \\ &+ J(d, d) + 2J(d, s)\end{aligned} \quad (10)$$

در روابط ۵ تا ۱۰ جمله‌های  $-W(d)$  و  $-W(s)$  به ترتیب نماینده انرژی اتصال الکترونیهای  $3d^1$  و  $4s^1$  در  $\text{Sc}^{2+}$  است و جمله‌های  $J$  هم مربوط به دافعه بین الکترونی است. مثلاً  $J(d, s)$  نماینده انرژی دافعه بین الکترونیهای  $3d$  و  $4s$  است. تعداد دافعه کولنی به تعداد الکترونها بستگی دارد مثلاً برای آرایش الکترونی  $3d^1 4s^2$ ، دو جمله  $J(d, s)$ ، یک جمله  $J(s, s)$  وجود دارد و جمله  $J(d, d)$  هم برابر صفر است.

با توجه به این فرض که انرژی الکترونیهای درونی،  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  مقدار ثابتی است، می‌توان مقادیر  $W(s)$  و  $W(d)$  را مستقیماً برابر انرژیهای یونیزاسیون  $\text{Sc}^{2+}$  که به طور تجربی تعیین شده‌اند، قرار داد:



$$\begin{aligned}\Delta E &= E(\text{Sc}^{3+}, 3d^0 4s^0) - E(\text{Sc}^{2+}, 3d^1 4s^0) \\ &= 24/75 \text{ eV} = W(d)\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\Delta E &= E(\text{Sc}^{3+}, 3d^0 4s^0) - E(\text{Sc}^{2+}, 3d^0 4s^1) \\ &= 21/60 \text{ eV} = W(s)\end{aligned}$$

با به کار بردن مقادیر تجربی انرژی یونیزاسیون الکترونیهای  $4s$  و  $3d$  و انرژی برانگیختگی اتم اسکاندیم (رابطه ۳)، می‌توان مقدار هر یک از جمله‌های دافعه  $J(d, d)$ ،  $J(d, s)$  و  $J(s, s)$  را در روابط ۷ تا ۱۰ به دست آورد.

از روی روابط ۳، ۹ و ۱۰ داریم که:

آرایش الکترونی لایه‌های زیرین برای B و Al، آرایش الکترونی یک گاز نجیب، برای Ga و In آرایش الکترونی یک گاز نجیب به اضافه  $d^{10}$  برای Tl آرایش الکترونی قابل ملاحظه‌ای بر روی خواص عناصر در این گروه دارد جدول (۴). در زیر نمودار تغییرات انرژی یونیزاسیون الکترونی والانس مربوط به عناصر گروه III A و همراه آن برای عناصر گروه III B داده شده است.

[ $Ca^{2+}(1/12A) - Zn^{2+}(0/88A)$ ] را برگزینیم، مشاهده می‌شود که در این سری عناصر نقصان اندازه حتی از نقصانی که در سری لانتانید وجود دارد، بیشتر است به طوری که استفاده از واژه «انقباض اسکاندینیدی» [به نام اسکاندیم سر دسته عناصر واسطه  $3d$ ] در این مورد می‌تواند موجه باشد. در اینجا اثر «انقباض اسکاندینیدی» را بر روی خواص گالیم مسود بررسی قرار می‌دهیم. آرایش الکترونی لایه والانس برای عناصر گروه III A به صورت  $ns^2np^1$  است ولی

جدول (۴) - پاره‌ای از خواص فیزیکی عناصر گروه III A

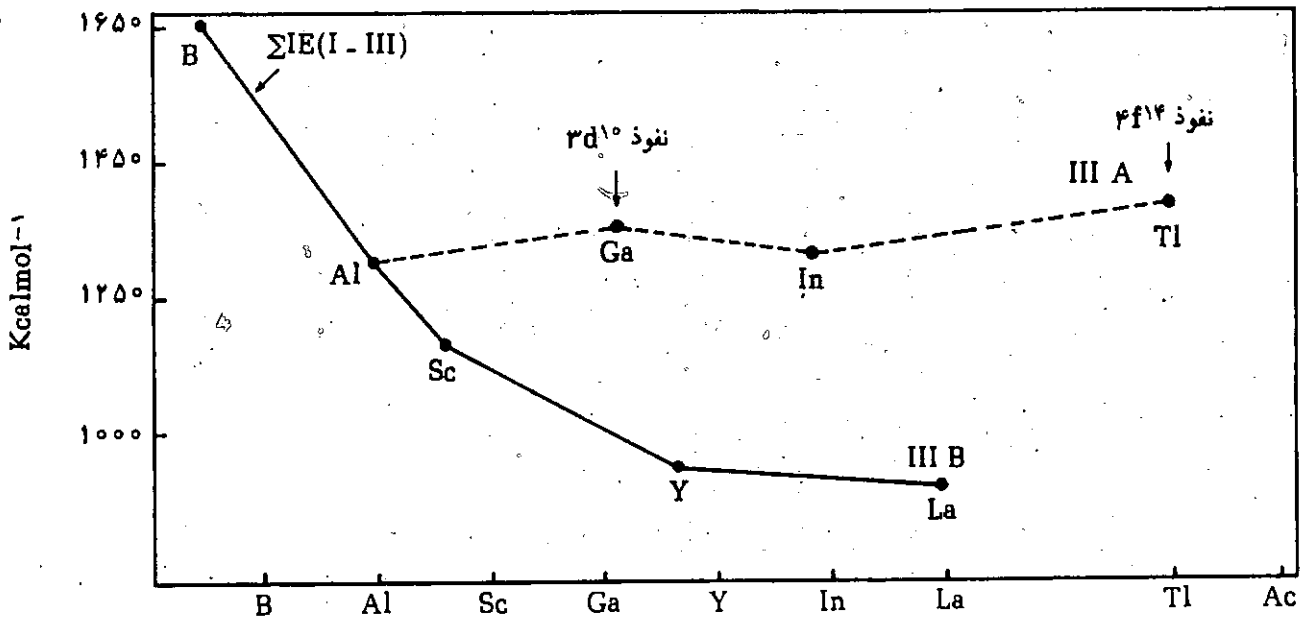
TI	In	Ga	Al	B	خاصیت
۳۰۳/۵	۱۵۶/۶	۲۹/۸	۶۶۰/۲	۲۱۸۰	نقطه ذوب °C
۱۲۵۷	۲۰۸۰	۲۴۰۳	۲۲۶۲	~۳۶۵۰	نقطه جوش °C
۱/۲-۱/۴	۱/۲	۱/۵	۲/۷۵	۱۱	سختی (Mohs)
۲۳/۲	۵۸/۱	۶۸/۵	۷۸/۷	۱۳۶/۶	$\Delta H_f$ (گاز یک اتمی) $kcalmol^{-1}$

B	Al	Ga	In	Tl	انرژی یونیزاسیون III A عناصر گروه $kcalmol^{-1}$
۱۹۱/۵	۱۳۸/۱	۱۳۸/۲	۱۳۳/۵	۱۴۱/۰	اول
۵۸۰/۵	۲۳۲/۵	۲۷۳/۲	۲۲۵/۲	۲۷۱/۲	دوم
۸۷۵/۳	۶۵۶/۵	۷۰۸/۷	۶۲۶/۹	۶۸۸/۲	سوم
۱۶۲۷/۳	۱۲۲۹/۱	۱۳۲۰/۵	۱۲۱۵/۸	۱۳۰۰/۸	جمع

Sc	Y	La	انرژی یونیزاسیون III B عناصر گروه $kcalmol^{-1}$
۱۵۳	۱۴۸	۱۳۰	اول
۲۹۹	۲۸۲	۲۶۵	دوم
۵۷۲	۲۷۵	۲۲۲	سوم
۱۰۲۴	۹۰۷	۸۳۹	جمع

• یون  $Sc^{2+}$  در محلول یا در حالت جامد وجود ندارد از این رو اندازه یون ماقبل آن  $[Ca^{2+}]$  به عنوان مرجع برگزیده شده است.

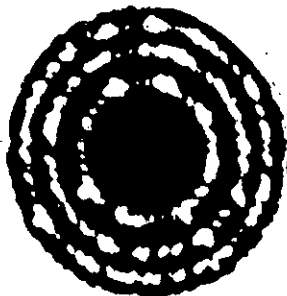




دارد و شبه مولکول  $Ga_4$  ممکن است از تأثیر متقابل الکترونیهای p روی اتمهای مجاور خارج از آرایش الکترونی  $[Ar]3d^{10}4s^2$  حاصل شود. این آرایش گالیم را می‌توان به آرایش «شبه گاز نجیب»  $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$  در جیوه که آن نیز نقطه ذوب بسیار پایینی دارد، تشبیه کرد. در گالیم کلیه تماسهای بین اتمی کوتاه‌تر از تماسهای موجود در Al است که این مطلب باز در تأیید «انقباض اسکاندینیدی» است.

**منابع:**

- 1) W. L. Jolly, Modern Inorganic Chemistry. Mc Graw-Hill Book Company 1984.
- 2) R. L. Dekock and H. B. Gray, Chemical Structure and Bonding, The Benjamin / Cummings Publishing Company, Inc. 1980.
- 3) N. N. Greenwood and A. Earnshaw, Chemistry of the Elements, Pergamon Press, 1984.
- 4) منصور عابدینی، شیمی نافلزات و عناصر نیم رسانا، انتشارات فاطمی ۱۳۶۶
- 5) D. R. Lloyd, J. of Chemical Education, 63 No.8 (1986) P. 502.



به طوری که در این نمودار مشاهده می‌شود انرژی یونیزاسیون از آلومینیم به گالیم، به جای نقصان، افزایش نشان می‌دهد و این به واسطه نفوذ «انقباض اسکاندینیدی» است که موجب بالا رفتن بار مؤثر هسته در اتم گالیم است. انرژی یونیزاسیون از گالیم به ایندیم نقصان می‌یابد ولی از ایندیم به تالیم، به واسطه نفوذ «انقباض لانتانیدی» و انقباضی که در سری عناصر 5d وجود دارد، مجدداً افزایش نشان می‌دهد. این نکته قابل توجه است که بی نظمی‌های مشاهده شده برای عناصر گروه III A، در مورد عناصر گروه III B، یعنی اسکاندیم (Sc)، ایتیریم (Y) و لانتان (La) دیده نمی‌شود زیرا در این عناصر، مانند بور و آلومینیم، در زیر الکترونیهای والانس، آرایش الکترونی یک گاز نجیب وجود دارد.

آلومینیم، گالیم، ایندیم و تالیم فلزاتی نسبتاً نرم هستند و نقطه ذوب آنها پایین است (جدول ۴). ساختمان بلور آلومینیم به صورت مکعبی فشرده (ccp) است و هر اتم Al به وسیله ۱۲ اتم دیگر در فاصله  $2/186 \text{ \AA}$  احاطه شده است. تالیم نیز ساختمان متداول فلزی دارد (hcp) و در همسایگی هر اتم Tl، ۱۲ اتم دیگر در فاصله  $3/40 \text{ \AA}$  قرار گرفته‌اند. ساختمان ایندیم غیر عادی است از آن جهت که هر اتم In، چهار همسایه در فاصله  $3/24 \text{ \AA}$  و ۸ اتم دیگر در فاصله  $3/36 \text{ \AA}$  دارد. ساختمان گالیم کاملاً استثنایی است. هر اتم گالیم یک همسایه خیلی نزدیک در فاصله  $2/44 \text{ \AA}$  دارد و شش همسایه دیگر که دوبره دو در فواصل  $2/70$ ،  $2/73$ ، و  $2/79 \text{ \AA}$  قرار دارند. این ساختمان شباهت نزدیک به ساختمان ید جامد

این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی  
سال سوم و چهارم علوم تجربی - ریاضی  
و فیزیک تهیه شده است.

## واکنشهای

# بیوشیمیایی انرژی زا

دکتر حسین آقائی

دانشیار گروه آموزشی شیمی

دانشگاه تربیت معلم

ذخیره شود و در موقع لازم به مصرف می‌رسد.

ب - واکنشهای اوتوتروفیک (Autotrophic reactions) که باعث رشد بدن می‌شوند، این واکنشها هر چند که انرژی زا هستند، اما از انرژی تابشی یا انرژی ذخیره شده در مواد آلی درون سلولها استفاده نمی‌کنند. انرژی حاصل از آنها از اکسایشهای غیر آلی انرژی زا، نظیر اکسایش یونهای آهن (II) به یونهای آهن (III)، تبدیل یون نیتريت به نیترات و سولفیت به سولفات و مانند آنها، به دست می‌آید.

ج - تنفس یا تخمیر مواد آلی که به کمک آنها انرژی لازم جهت انجام برخی اعمال حیاتی و ادامه آنها تأمین می‌شود. واکنشهای اخیر خود به دو گروه فرعی تقسیم می‌شوند:

۱- واکنشهای اکسایشی که برای انجام گرفتن به اکسیژن هوا (اکسیژن مونوکولی) نیاز دارند.

۲- واکنشهایی که برای انجام گرفتن به اکسیژن هوا نیاز ندارند. در واکنشهای گروه دوم پهنندهای بین اتمهای کربن، هیدروژن و اکسیژن در مواد آلی مورد نظر دستخوش آرایش مجدد می‌شوند و در نتیجه آن موادی بسا محتوای انرژی کمتر حاصل می‌شوند. برای مثال قارچها، باکتریها و برخی بافتهای ماهیچه‌ای می‌توانند برخی از مواد آلی را بدون دخالت هوا بشکنند و آنها را به موادی سبکتر و بسا محتوای انرژی کمتر تبدیل کنند. گلوکز از این راه به مولکولهای سبکتر مانند اتانول، اسید استیک و اسید لاکتیک تبدیل می‌شود و از آن انرژی قابل توجهی پدید می‌آید، روی هم رفته میزان انرژی حاصل از این نوع واکنشها، در مقایسه با سایر انرژی‌ها که از فرایندهای دیگر در بدن موجودات زنده به دست می‌آید، محدود است. برای مثال،

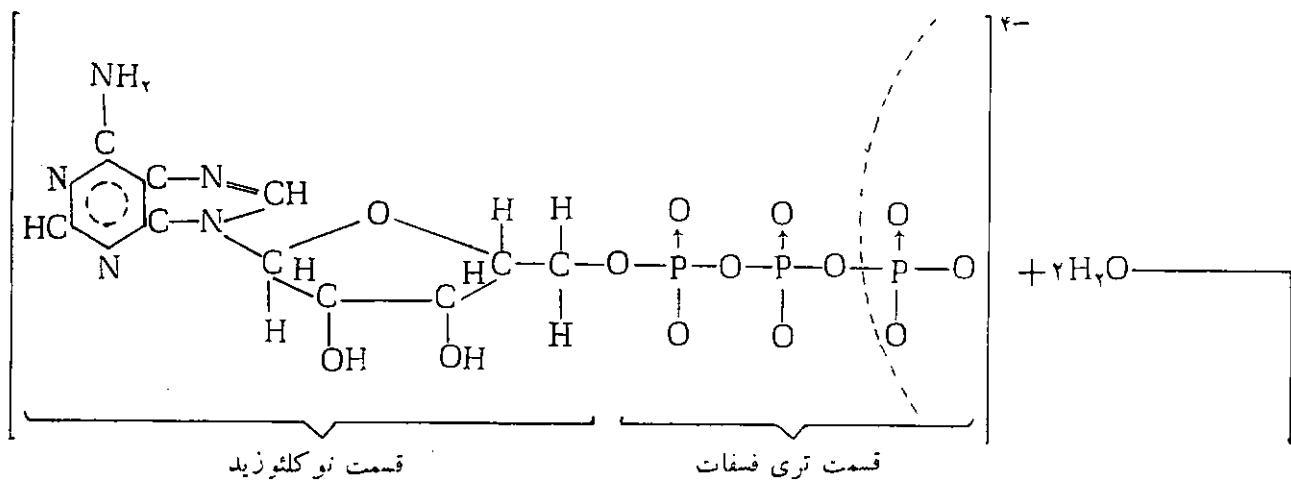
واکنشهای بیوشیمیایی انرژی زا منبع اصلی تأمین کننده انرژی لازم برای رشد سلولهای زنده هستند. علاوه بر آن، از انرژی این واکنشها شرایط مناسب جهت بقای ساختمان سلولی که برای ادامه حیات موجودات زنده ضروری هستند فراهم می‌شود. این واکنشها روی هم رفته با متابولیسم (Metabolism) یا سوخت و ساز در ارتباط هستند. متابولیسم اصطلاحی بسیار کلی است و شامل مجموعه اعمال فیزیکی و شیمیایی است که در درون سلولها به منظور تشکیل و تجزیه پروتوپلاسم انجام می‌گیرد. سوخت و ساز شامل دو مرحله اساسی است، یکی کاتالیسم (Catalism) و دیگری آنابلیسم (Anabolism). در فرایند کاتالیسم، مولکولهای سنگین تر به اجزاء ساده تر شکسته می‌شوند. در این فرایند، معمولاً، مولکولهای آلی که جنبه غذایی برای سلولها دارند، طی واکنشهایی شکسته می‌شوند و از آنها انرژی لازم برای ادامه حیات به دست می‌آید. برای مثال، اکسایش قند به  $H_2O$  و  $CO_2$  و یا تبدیل آن به اجزاء ساده تر و یا تبدیل اسیدهای آمینه به اوره به عنوان کاتالیسم هستند. در مقابل کاتالیسم، در فرایند آنابلیسم از مواد ساده مولکولهای پیچیده ساخته می‌شوند. برای این کار اغلب انرژی شیمیایی لازم است. تبدیل نیتروژن به آمونیاک و سپس تبدیل آمونیاک به مواد آلی پیچیده تر، و یا تولید اسیدهای چرب از اسید استیک و یا تشکیل پروتئینها از اسیدهای آمینه، در ردیف آنابلیسم هستند. به طور کلی انرژی لازم برای رشد و حفظ ساختمان سلولی و ادامه حیات موجود زنده از سه دسته واکنش کلی به شرح زیر به دست می‌آید:

الف - فتوسنتز که طی آن انرژی تابشی جذب و به انرژی شیمیایی مبدل می‌شود. این انرژی در مواد آلی درون سلولها

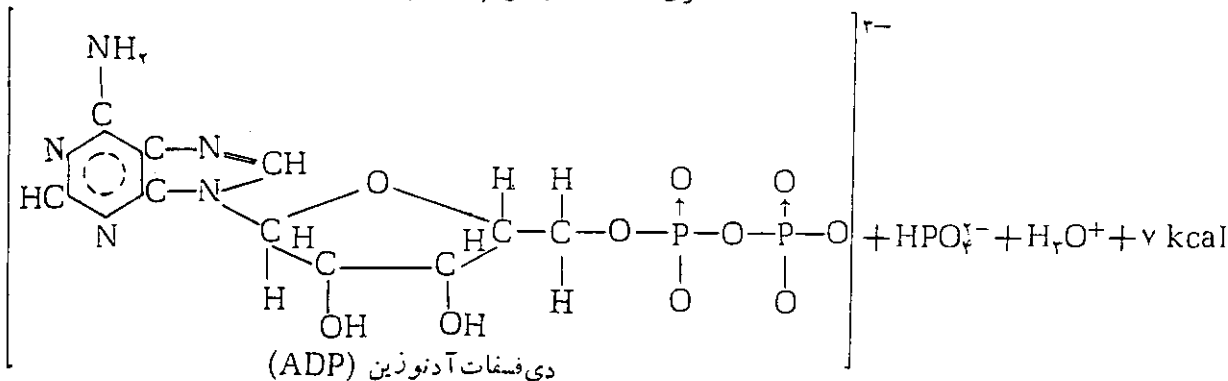
در موادی مانند نوکلئوزیدتری فسفاتها (Nucleoside triphosphates) به صورت انرژی شیمیایی ذخیره می شود تا در موقع نیاز در دسترس سلولها قرار گیرد و صرف فعالیت‌های حیاتی شود. برخی از نوکلئوزیدتری فسفات‌های مشهور عبارتند از: آدنوزین تری فسفات با علامت اختصاری معروف عبارتند از: آدنوزین تری فسفات (Adenosine triphosphate) ATP، گوانوزین تری فسفات با علامت (Guanosine triphosphate) GTP، اوریدین تری فسفات با علامت (Uridine triphosphate) UTP و سیتوزین تری فسفات با علامت (Cytosine triphosphate) CTP. این ترکیبات با شرکت در واکنش هیدرولیز می توانند مقدار قابل توجهی انرژی را آزاد کنند و آنرا در اختیار سلولها قرار دهند. در واکنش این ترکیبات با آب پیوند یک سر اتم اکسیژن و فسفر شکسته می شود و در نتیجه آن محصولاتی با محتوای انرژی کمتر حاصل می شود. برای مثال از هیدرولیز هر مولکول گرم ATP که به صورت زیر است، در حدود هفت کیلوکالری انرژی به دست می آید.

در تبدیل یک مول گلوکز به دو مول اسید لاکتیک، در حدود ۵۸ کیلوکالری انرژی حاصل می شود، حال آنکه انرژی حاصل از اکسایش کامل یک مول گلوکز به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  بیش از ۶۹۸ کیلوکالری است.

لازم است اشاره شود که همه انرژی حاصل از فرایندهای یاد شده به صورت مفید در اختیار سلولها قرار نمی گیرد. بلکه قسمتی از آن به صورت غیر مفید و به شکل انرژی گرمایی در می آید که قابل استفاده نیست. برای مثال از سوختن کامل یک مولکول گرم گلوکز ۶۹۸ کیلوکالری انرژی آزاد می شود که فقط ۶۸۴ کیلوکالری آن ممکن است به صورت مفید در اختیار سلولها جهت انجام فعالیت‌های حیاتی قرار گیرد و بقیه آن به شکل انرژی گرمایی صرف تأمین جنبشهای گرمایی مولکولهای مواد حاصل می شود که قابل دسترس نیست. در واقع قسمتی از انرژی واکنش به مصرف تغییر بی نظمی وابسته به واکنش می رسد و به شکل  $T \cdot \Delta S$  در می آید که قابل استفاده نیست.  $\Delta S$  تغییر انتروپی واکنش مورد نظر است. به طور کلی، بیشتر انرژی حاصل از واکنشهای سوخت و سوز



تری فسفات آدنوزین (ATP)



قسمتهای باز و سفید لیتوپلاسم سلول در تشکیل، سیتوسل را معرفی می کنند، میتو کندریها در داخل محلولهای سیتوسل جای دارند، هر میتو کندری بیش از یک میلیون مولکول پروتئینی دارا است.

## انرژی مواد غذایی

غذاهای انرژی زا از قبیل هیدراتهای کربن، چربیها، پروتئینها و مانند آنها در درون سلول تحت تأثیر اکسیژن اکسید می شوند و انرژی قابل توجهی را آزاد می کنند. این مواد در خارج از بدن نیز می توانند، با اکسیژن واکنش دهند و انرژی آزاد شده در حالت اخیر به صورت گرما است، حال آنکه، انرژی مورد نیاز سلولها برای انجام فعالیتهای فیزیولوژیکی به غیر از انرژی گرمایی است. در حقیقت، سلولها به آن شکلی از انرژی برای انجام فعالیتهای حیاتی نیاز دارند که بتواند به طور مستقیم برای حرکات عضلانی تغلیظ محلولها در غدد و سایر فعالیتهای بدن موجودات زنده مفید واقع شود. شکلی از انرژی که دارای چنین ویژگی باشد، بایستی به نحو خاصی به شکل انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره باشد و در موقع لزوم به سهولت در اختیار سلولها برای انجام فعالیتهای ضروری قرار گیرد. این کار به کمک سیستمهای شیمیایی مسئول کارهای حیاتی صورت می گیرد. در این سیستمها عده ای از واکنشهای شیمیایی دو طرفه انجام می شود. در آنها انرژی حاصل از اکسیداسیون مواد غذایی به صورت انرژی شیمیایی ذخیره در می آید. این انرژی شیمیایی ذخیره در موقع لزوم به مصرف فعالیتهای مختلف می رسد.

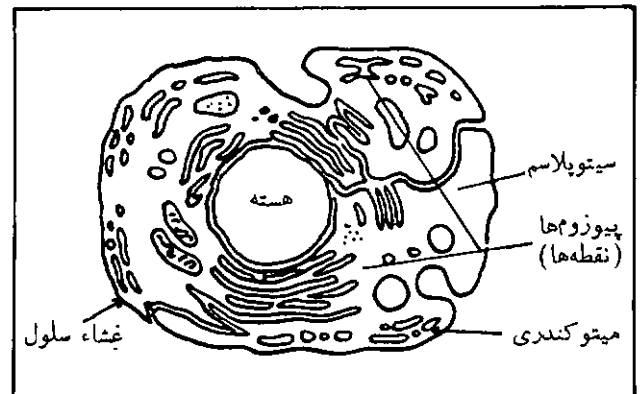
آشکار است که آزاد شدن انرژی بایستی به تدریج و اندک اندک باشد، تا سلولها بتوانند به خوبی از آن استفاده کنند. تنظیم این کار به عهده آنزیمهای خاص و سیستمهای بسیار پیچیده حامل انرژی که در بدن موجود زنده وجود دارد می باشد.

همانطور که اشاره شد از شکستن مولکولهای آلی پیچیده مواد غذایی در بدن انرژی آزاد می شود. این انرژی در نوکلئوزید تری فسفاتهایی مانند ATP به صورت ذخیره در می آید.

انرژی حاصل از این نوع واکنشها و واکنشهای نظیر آنها صرف انجام فعالیتهای به شرح زیر در بدن می شود:

- انقباض و انبساط عضلانی گوناگون.
- تأمین انرژی اولیه برای شروع واکنشهای سنتزی که در آنها مواد مرکب مورد نیاز سلولها ساخته می شوند. (واکنشهای آنابولیک).
- انتشار تابشهای نورانی (برای مثال در شب تابها).
- تغلیظ مواد به صورت محلول در سلول.
- انتقال مواد به سطحهای مرزی سلولها.
- تأمین انرژی لازم برای شروع واکنشهای متابولیک ویژه بعدی.

یادآوری این نکته ضروری است که مکانیسم تشکیل اینگونه ترکیبات فسفات دار پر انرژی در سیتوپلاسم سلول بسیار پراهمیت است. در واقع در طی مکانیسم مذکور است که انرژی مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. در سلولهای هوایی، این ترکیبات در قسمتهای ویژه ای از سلول به نام میتو کندری (Mitochondria) حاصل می شوند. میتو کندریها در حقیقت منبع اصلی برای تأمین نیرو و توان برای ادامه حیات هستند. میتو کندریها اجزاء نسبتاً بزرگی هستند که طول آنها در حدود ۰/۰۰۲ میلی متر و عرض آنها بیش از ۰/۰۰۵ میلی متر است. میتو کندریها در داخل سیتوپلاسم سلول شامل همه اجزای سلول به جز هسته و غشاء آن هستند. در داخل سیتوپلاسم سلولها ماده ای به نام سیتوسل (Cytosol) یافت می شود. سیتوسل در محلول آبی نمکها و مواد پروتئینی محلول است. از سیتوسل غالباً به عنوان سیتوپلاسم محلول یاد می شود. در شکل زیر قسمتهای مختلف یک سلول به طور ساده نشان داده شده است:



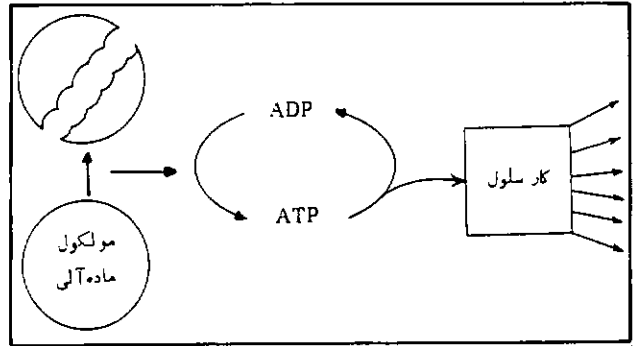
«نمایش ساده ساختمان یک سلول»

همه این انرژی به طور يك جا و در يك مرحله در اختیار مولکولهای ADP قرار گیرد، به احتمال زیاد مولکولهای مذکور از عهده جذب و مصرف آن بر نخواهند آمد و علاوه بر آن اشکالات گوناگون دیگری نیز پیش خواهد آمد. اما خوشبختانه در بدن موجودات زنده آنزیمهای پروتئینی زیادی موجود هستند که مولکول گلوکز را در طی مراحل پی در پی شکسته و تجزیه می کنند. از هر مرحله مقدار کمی انرژی به دست می آید که صرف ساختن مولکولهای ATP می شود. بنا به بررسیهای انجام شده، از مصرف شدن تدریجی يك مولکول گرم گلوکز، در حدود ۳۸ مولکول گرم ATP توسط سلولها ساخته می شود. با این حساب در حدود ۴۰٪ از انرژی حاصل از اکسیداسیون گلوکز به صورت ذخیره در می آید و ۶۰٪ بقیه به گرما تبدیل می شود که برای اعمال خاص سلولها مفید نیست.

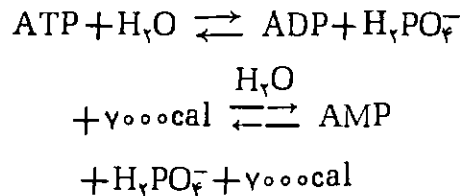
### میزان انرژی موجود در مواد غذایی

مقدار انرژی آزاد شده از اکسیداسیون يك گرم از هر يك از مواد غذایی با هم یکسان نیست. برای مثال از سوختن کامل يك گرم از هیدراتهای کربن ۴/۱ کالری انرژی آزاد می شود، در حالی که از سوختن کامل يك گرم از چربیها در حدود ۹/۳ کالری انرژی حاصل می شود. به علاوه، از سوختن کامل هر گرم پروتئین غذایی به طور متوسط در حدود ۴/۳۵ کالری انرژی به دست می آید. از طرفی بایستی توجه داشت که میزان جذب این مواد از طریق گوارش نیز یکسان نیست؛ به طور متوسط ۹۸٪ از مواد قندی، ۹۵٪ از مواد چربی و ۹۲٪ از مواد پروتئینی از طریق گوارش قابل جذب هستند. در يك رژیم غذایی متعادل، به طور متوسط ۱۵٪ از انرژی لازم برای ادامه حیات از مواد پروتئینی ۴۰٪ از مواد چربی و ۴۵٪ از مواد قندی به دست می آید. از آنجا که در حدود ۳۰ الی ۵۰٪ از هیدراتهای کربنی که وارد دستگاه گوارش می شوند، برای تهیه تری گلیسیریدها مصرف می شوند و به صورت ذخیره در می آیند تا بعدها به مصرف تولید انرژی برسند، می توان نتیجه گرفت که ۲/۴ تا ۳/۴ تمامی انرژی مورد نیاز سلولها از اکسیداسیون تری گلیسیریدها به دست می آید.

در مواقع ضروری انرژی ذخیره مذکور به انرژی مکانیکی یا حرکتی تبدیل می شود. غالب جانداران برای ادامه فعالیتها حیاتی خود از انرژی ذخیره در ATP استفاده می کنند. در طرح زیسر رابطه غذا - انرژی شیمیایی و تشکیل ATP و مصرف آن برای انجام اعمال حیاتی به طور ساده نشان داده شده است.



سلول از راه شکستن مولکولهای پیچیده مواد غذایی انرژی تولید می کند. انرژی تولید شده معمولاً در مولکولهای ATP ذخیره می شود. مولکولهای ATP در مواقع ضروری به ADP تجزیه می شوند و انرژی آزاد می کنند. انرژی آزاد شده به مصرف فعالیتها گوناگون سلولها می رسد.



به طور خلاصه ATP ترکیب واسطه ای است که از يك طرف در ذخیره کردن انرژی و از طرف دیگر در آزادسازی انرژی شرکت دارد. به هنگام آزادسازی انرژی، واکنشهای بالا در جهت مستقیم (از چپ به راست) صورت می گیرند در حالی که در موقع ذخیره سازی انرژی، آنها در جهت مقابل (از راست به چپ) پیش می روند. به این واکنشهای دو طرفه غالباً جریان شیمیایی (Chemical current) گفته می شود که می توانند بارها و بارها تکرار شوند.

در اینجا لازم به تذکر است که انرژی برای ذخیره شدن در ATP بایستی به مقدار کم و به تدریج آزاد شود تا مولکولهای ATP از عهده ذخیره سازی آن بر آیند. همانطور که اشاره شد از اکسایش کامل يك مولکول گرم گلوکز در حدود ۶۸۴ کیلوکالری انرژی حاصل می شود. اگر

میزان کالری مورد نیاز در ساعت	نوع فعالیت
۲۰۰ «	ورزش سبک
۲۴۰ «	آهسته راه رفتن
۲۹۰ «	قالی بافی، فلز کاری یا رنگ کاری
۲۵۰ «	ورزش نسبتاً شدید
۲۸۰ «	ورزش شدید
۱۷۰ cal	اره کردن چوب
۵۰۰ cal	شنا کردن
۵۷۰ «	دویدن
۶۰۰ «	ورزش بسیار شدید
۶۵۰ «	راه رفتن بسیار تند
۱۱۰۰ «	بالا رفتن از پله
در حدود	بالا رفتن از کوه
مقدار بالا،	
یا بیش از آن	

### مراجع:

- College Chemistry, by, NEBERGALL and... 1972.

- ترجمه فیزیولوژی پزشکی تألیف پروفیسور آرتور گایتون

### میزان انرژی لازم برای فعالیتهای روزانه

میزان انرژی لازم برای فعالیتهای روزانه بر حسب نوع فعالیتها و مشخصات مورد نظر متفاوت است. برای مثال هر انسان با وزن ۷۰ کیلوگرم که در حال دراز کشیدن باشد، روزانه تقریباً به ۱۶۵۰ کالری انرژی نیاز دارد. خوردن غذا خود روزانه ۲۰۰ کالری انرژی لازم دارد، یعنی اگر شخص بالا برای غذا خوردن حرکت کند، رژیم غذایی او بایستی به اندازه ۱۸۵۰ کالری انرژی آزاد کند. همین فرد اگر در تمام مدت روز بر روی صندلی بنشیند به ۲۰۰۰ تا ۲۲۵۰ کالری انرژی محتاج است. به طور متوسط انرژی لازم برای زنده ماندن بدون انجام فعالیتهای خاص روزانه، در حدود ۲۰۰۰ کالری است.

انجام کارهای مختلف انرژی مورد نیاز را افزایش می دهد. برای مثال انرژی لازم برای بدن به هنگام بالا رفتن از پله بیش از ۱۷ برابر انرژی لازم در موقع خواب است، به همین ترتیب یک کارگر در مدت ۲۴ ساعت به حدود ۶۰۰۰ الی ۷۰۰۰ کالری انرژی نیاز دارد که این مقدار انرژی در حدود ۳/۵ برابر میزان انرژی لازم در موقع استراحت است. در جدول شماره ۱ مصرف انرژی در یک ساعت برای یک مرد ۷۰ کیلوگرمی به ازای فعالیتهای مختلف نشان داده شده است.

### جدول ۱

میزان کالری مورد نیاز در ساعت	نوع فعالیت
۶۵ cal	خوابیدن
۷۷ «	نشستن و استراحت کردن
۱۰۰ «	ایستادن ساده
۱۱۸ «	پوشیدن و در آوردن لباس
۱۳۵ «	خیاطی کردن
۱۴۰ «	ماشین نویسی سریع

تن گاز کلر بود که توسط آلمانیها در حمله (اِپرس - بلژیک) در آوریل ۱۹۱۵ به کار برده شد. آلمانیها سپس از کلر صرف نظر نموده و به فاجین و سپس گاز خردل روی آوردند که این گاز به همان اندازه‌ای که روی چشم و پوست اثر می‌گذارد روی ششها نیز تأثیر دارد. همچنین تأثیرات این گازها عمیق و پایدار است. به زودی وسایل ساده حفاظت تنفسی جزء تجهیزات انفرادی عملیاتی قرار داده شد که ماسکهای ضد گاز نوع تکامل یافته آنها می‌باشد و در نتیجه تأثیرات عوامل شیمیایی را روی پرسنل کاهش می‌دهد.

بزرگترین ضایعه‌ای که تاکنون در اثر استعمال سلاحهای شیمیایی به وقوع پیوسته است در روسیه بود تا جایی که تعداد مصدومین این مهلکه حدود نیم میلیون نفر تخمین زده شد که حدود ۵۰/۰۰۰ نفر از آنها کشته شدند. پروتکل سال ۱۹۲۵ ژنو استفاده از جنگ افزارهای شیمیایی (ش) و میکروبی (م) را ممنوع کرد. معهدا علیرغم ممنوعیت فوق در سالهای ۳۷-۱۹۳۶ دولت ایتالیا در جنگ علیه انیورسی از گاز خردل استفاده کرد. در دهه ۱۹۳۰ جستجوهای محرمانه‌ای برای یافتن عوامل شیمیایی دیگری که تأثیر بیشتری در جنگهای شیمیایی داشته باشد به عمل آمد. در سال ۱۹۳۶ تابون (Tabon) اولین گاز اعصاب کشف گردید و کشور آلمان در سال ۱۹۳۹ اقدام به تولید آن نمود. این کشور در حین جنگ جهانی دوم گاز اعصاب سارین (Sarin) را هم تولید کرد. در دهه ۱۹۵۰ برنامه تحقیقات نظامی برای یافتن گازهای مؤثرتر اعصاب ادامه یافت و عامل V تهیه گردید که حتی امروزه بزرگترین تهدید به شمار آمده و فسوق‌العاده سمی می‌باشد و ناتوانیهای طولانی از خود بجا می‌گذارد همچنین در این دهه عامل شیمیایی



# آشنایی با عوامل حملات شیمیایی، تأثیرات و نحوه مقابله با آن

شعبانعلی بینش

در دسترس قرار گرفت. در آن زمان موارد استعمال متعددی جهت مواد سمی در ساختن تجهیزات نظامی در نظر گرفته شده بود ولی هیچکدام از آنها دقیقاً تا قبل از جنگ جهانی اول به کار گرفته نشد. قرار داد منع استعمال مواد سمی در جنگ در سال ۱۹۰۷ بسته شده و به تصویب اکثریت کشورهای اروپایی رسیده بود. برخلاف قرار داد فوق در اثناء جنگ جهانی اول جنگ افزارهای شیمیایی در یک مقیاس وسیعی به کار گرفته شد. در اوت ۱۹۱۴ دولت فرانسه گازهای مختلف اشک آور را در آغاز جنگها به کار برد. اولین مقدار زیاد گاز حدود ۵۰۰ بسته و روی هم ۱۵۰

تاریخچه - از عهد قدیم بشر سعی کرده است با مواد سمی از طریق قوه شامه دشمن خود را از بین ببرد و این روش بسیار قدیمی است.

این ضرب المثل قدیمی را که می‌گوید جنگ را با اسلحه باید برنده شد نه با سم، می‌توان احتمالاً اولین مورد منع استفاده از عوامل شیمیایی به حساب آورد.

علم شیمی جدید در اواخر قرن هیجدهم رو به تکامل گذاشت و شتل (Scheele) شیمیدان سوئدی اولین کسی بود که کلر، ارسنیک و سیانید هیدروژن را تهیه کرد. دیر زمانی نگذشت که در نیمه اول قرن نوزدهم این مواد به مقدار زیاد



پ - از نظر حالت فیزیولوژیکی (اثر در بدن).  
عوامل شیمیایی از نظر نوع استفاده به ترتیب زیر تقسیم بندی می شوند:

۱- عوامل شیمیایی سمی: (عوامل کشنده و مصدوم کننده) عواملی هستند که در شرایط تجمع موجب صدمات و مرگ می شوند.

۲- عوامل ناتوان کننده - عواملی هستند که موجب ناتوانی موقتی فیزیولوژیکی و یا فکری و یا هر دو شده و شخص را از انجام مأموریت باز می دارند.

۳- عوامل کنترل اغتشاش - عواملی هستند که روی مخاط ظاهری چشم و بینی اثر گذاشته و موجب سوزش یا ناتوانی می گردند.

۴- عوامل آموزشی - عواملی هستند که جهت مقاصد آموزش به کار می روند.

۵- عوامل دود انگیز - بر اثر سوختن و تیدرولیز شدن تولید دود تیره می کنند.

۶- عوامل آتشنا - مهمانی هستند که

و در میان مردم بی دفاع کشورمان کشید که از آن جمله در شهرهای سردشت و سوما می باشد که صدها کشته و مجروح به جای گذاشت.

### تعریف عوامل جنگ شیمیایی

عبارتست از نوعی مواد شیمیایی که به حالت گاز مایع یا جامد که با خاصیت سمی خود روی انسان، حیوان و یا گیاه تأثیر می گذارد.  
بیش از چند هزار نوع مواد سمی و خطرناک تاکنون شناخته شده ولی تعداد معدودی از آنها برای جنگهای شیمیایی مناسب تشخیص داده شده است. عوامل شیمیایی را می توان به طرق مختلفه دسته بندی نمود:

الف - از نظر حالت فیزیکی به صورت جامد، مایع، و گاز می باشند.

ب - از نظر مورد استفاده تلفاتی و ناتوان کننده.

ناتوان کننده مغزی که کشنده نمی باشد اختراع شد بدین ترتیب یکی از مشتقات ماده ال، اس، دی - توجه سم شناسان را به خود جلب نمود و مخترعین موفق به ساختن مشتقی به نام BZ از الکل گردیدند. در سالهای ذکر شده در زیر عوامل شیمیایی در جهان به کار برده شد:

در سالهای ۱۸-۱۹۱۴ در جنگ جهانی اول توسط آلمانیها - در سالهای ۳۷-۱۹۳۶ در ایتویبی توسط ایتالیا در سالهای ۶۷-۱۹۶۳ در یمن توسط مصر - در سالهای ۷۴-۱۹۶۵ در ویتنام توسط آمریکا - در سال ۱۹۷۶ به طور تأیید نشده در لائوس - در ۱۹۷۹ به طور تأیید نشده در کامبوج - در سال ۱۹۷۹ به طور تأیید نشده در افغانستان و بالاخره در طول جنگ تحمیلی ایران و عراق به مقدار وسیعی از طریق گلوله های توپخانه و بمبارانهای هوایی عوامل شیمیایی علیه قوای اسلام به کار گرفته شد. حتی عراق جنگ شیمیایی را به مناطق مسکونی شهرها



# نگاهی به جنایت اخیر

## جنگ شیمیایی

گرفت. این درحالی است که بهره‌گیری از سلاحهای شیمیایی همواره به عنوان یکی از ناپسند و غیر انسانی‌ترین روشها در اذهان عمومی به‌شمار رفته است و مخالفت آشکار با کنوانسیون ۱۹۲۵ ژنو دارد.

آمار شهیدان و مجروحان بمباران شیمیایی به دلیل جمع شدن عموم مردم در مبادی خروجی شهر یا پناه گرفتن در زیر زمین منازل بسیار بالا بوده است و بنا به گزارشها بیش از ۵۰۰۰ تن کشته و بیش از ۵۰۰۰ تن دیگر مجروح شده‌اند. گفته می‌شود چنین کشتار وسیعی پس از جنگک زرد (باران زرد) رنگی تمام‌شهر را در بر جهانیه دوم کمتر سابقه داشته است بنا به

خزان يك خانواده در بهار حلبچه

### بخوانیم، بیاندیشیم و عمل کنیم

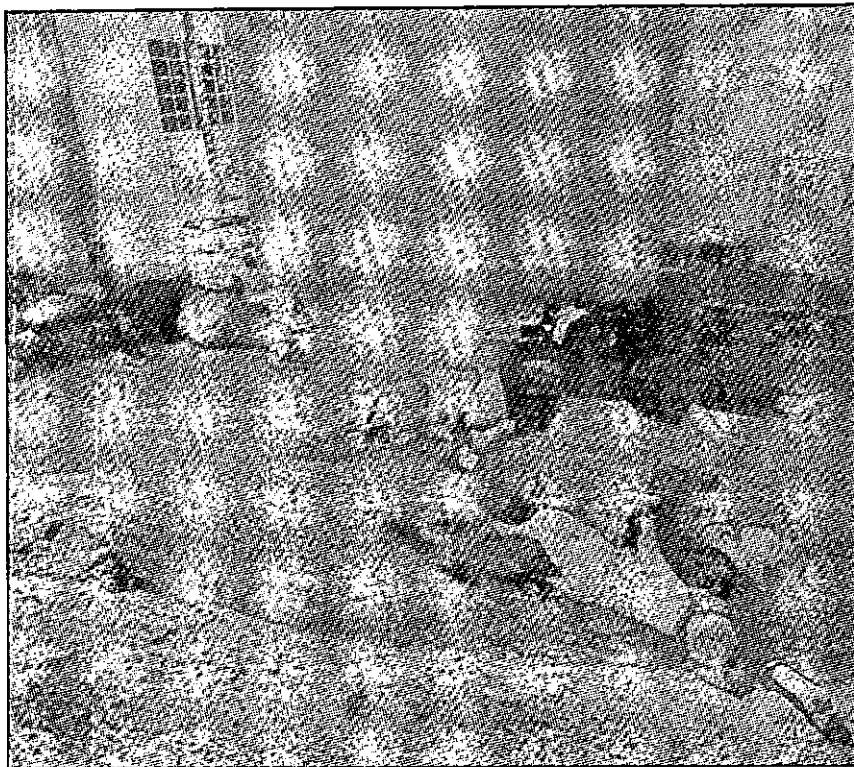
رژیم بعثی عراق بار دیگر جنایتی هولناک کرد. بنا به گزارشها در آخرین روزهای اسفند ماه ۱۳۶۶ هواپیماهای رژیم عراق مبادرت به بمباران تخریبی شهر حلبچه کردند و سپس در حالی که مردم مظلوم این شهر عموماً در زیر زمین منازل پناه گرفته بودند و یا در حال ترك شهر بودند، هواپیماهای این رژیم غیر انسانی شهر را در سطح گسترده‌ای بمباران شیمیایی کردند. بنا به گفته شاهدان عینی به دنبال بمباران شیمیایی شهر حلبچه ابر زرد (باران زرد) رنگی تمام‌شهر را در بر

صرفاً برای ایجاد آتش به کار می‌روند.  
۷- عوامل ضد گیاه - عواملی که در گیاه ایجاد آفت می‌کنند.

۸- عوامل ضد مواد - عواملی هستند که در مواد ایجاد فساد و خرابی می‌کنند عوامل شیمیایی یا فرار هستند یا پایدار که از این طریق به طور مثال: عوامل اعصاب VX و سومان غلیظ شده GD و گاز خردل و گاز خردل غلیظ شده پایدار بوده و عوامل سیانید نیدروژن HCN و عامل اعصاب سارین GB و سومان GD و گازهای اشک‌آور و تابون GA ناپایدار و فرار می‌باشند عوامل سمی و کنترل اغتشاش بر حسب اثر روی بدن به ترتیب زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- ۱- عوامل اعصاب سری G (تابون - سارین - سومان) و سری V.
- ۲- عوامل تاولزا - (گروه خردلها - گروه ارسنیکها - گروه گزنده).
- ۳- عوامل خون - (سیانید نیدروژن - کلرید سیانوژن).
- ۴- عوامل خفه‌کننده - فازجین CG - (کار، برم، فسژن، ...) جزء گازهای خفه‌کننده به‌شمار می‌روند.
- ۵- عوامل تهوع DM - (دی‌فنیل آمینو کلروآرسین).
- ۶- عوامل اشک‌آور (کلرو بنزال مالون نیتریل CS) و (کلرو استوفتون CN).
- ۷- عوامل ناتوان‌کننده BZ.
- ۸- دی‌فولینتها - دسی‌کنتها.

ادامه دارد



# شناسا گرهای خوداکی برای

## اسید و باز

این مقاله در ارتباط با کتاب شیمی سال سوم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک و کتاب شیمی سال دوم هنرستان تهیه شده است.

ترجمه و نگارش: عیسی یاور

در این نوشتار، به شرح رنگهای مشاهده شده در طی تیتراژ کردن (تیتراسیون) پانزده شناسا گر طبیعی، تهیه شده از برخی سبزی‌ها و میوه‌های آشنا می‌پردازیم. این شناسا گرهای خوراکی را می‌توان به سهولت در آزمایشگاههای دبیرستانها تهیه کرد. و مورد آزمایش قرار داد و تغییر رنگ آنها را در pHهای مختلف بررسی کرد. بسیاری از دانش آموزان، با مشاهده این تغییرات شگرف در رنگ عصاره گیاهان و میوه‌ها، دچار شگفتی خواهند گشت. راستی، چند نفر می‌توانند پیشگویی کنند که عصاره آلبالوی کوهی در محلول اسیدی به رنگ قرمز روشن و آب گیلان در محلول قلیایی به رنگ سبز تیره درآید؟ جالب تر از همه، تغییر رنگ عصاره (آب) کلم قرمز است. پوست تر بچه نقلی، پوست ریواس، پوست شلغم، مانند شناسا گرهای همگانی عمل می‌کنند.

تغییر رنگ محلول‌های حاوی شناسا گرهای سنتزی، نظیر فنل فتالین، در حضور اسید و باز برای دانش آموزان دبیرستان آشناست. اما، در مورد تغییر رنگ آب میوه‌ها و سبزی‌ها، که ناشی از تغییر pH باشد، آشنایی کمتری وجود دارد. نخستین شناسا گر سنتزی مفید، یعنی فنل فتالین، در سال ۱۸۷۷ (یکصد و هفتاد و هفت سال پیش) به کار گرفته شد. اما، استفاده از شناسا گرهای طبیعی، بیش از سه قرن سابقه دارد. رابرت بویل (۱۶۹۱-۱۶۲۷)، شیمیدان برجسته انگلیسی، در کتابش به نام «آزمایش‌هایی درباره رنگها»، که در سال ۱۶۶۳ نوشته شده است، استفاده از شناسا گرهای طبیعی استخراج شده از بنفشه و انواع گل رز، را شرح داده است. یکی از خواصی که بویل به اسیدها نسبت می‌داد، قدرت آنها در تغییر رنگ آب گیاهان و میوه‌ها به قرمز بود.

گفته یکی از گزارشگران از حالت اجساد پیداست که والدین سعی داشتند با بدن خود فرزندان خردسالشان را محافظت کنند. بنابه اظهار کارشناسان در این بمباران‌ها از گازهای سمی خردل، سیانید، اعصاب و خفه کننده علیه غیر نظامیان عراقی استفاده شده است. دکتر «موسلس» یکی از اعضای هیأت اعزامی پزشکان اظهار داشته است که گازهای شیمیایی روی جنین زنان باردار که در منطقه بودند و چند مورد آن مشاهده شده، اثرهای نامطلوبی خواهد گذاشت. همچنین دکتر «دمیلیانو» یکی دیگر از اعضای هیأت پزشکان در پاسخ پرسشهایی پیرامون اثرهای به کار بردن گازهای شیمیایی در منابع طبیعی، آب و خاک منطقه حلبچه گفت: «نمونه‌هایی از این منابع جمع آوری شده است که پس از انجام آزمایشهای لازم در صورت وجود آلودگیهای شدید، لزوم انجام اقدامات پیشگیرانه اعلام خواهد شد.

گروه شیمی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی شهادت این عزیزان را به همه مسلمانان جهان به ویژه خانواده شهیدان تبریک و تسلیت عرض می‌کند و از خدای مهربان خواستار است که هر چه زودتر مجروحین این فاجعه سلامت خود را بازیابند و دست زراندوزان و زورمندان جهان کوتاه شود.

### منابع:

- روزنامه کیهان شماره‌های ۱۳۲۸۱، ۱۳۲۸۲ (شنبه، یکشنبه ۶، ۷ فروردین ۱۳۶۷).
- روزنامه جمهوری اسلامی شماره ۲۵۶۰ (دوشنبه ۸ فروردین ۱۳۶۷).

لیوان، از گیاه یا میوه خرد شده جدا کرده و برحسب ضرورت رقیق کرده و به کار می‌بریم.

برای سنجش pH هر يك از محلول‌ها، به آرامی آن را به هم می‌زنیم. هر تیترا کردنی با محلول تازه آغاز شد. پیش از تیترا کردن، ابتدا، اسید کلریدریك با غلظت يك مول در لیتر (يك مولار) به اندازه كافی به محلول افزوده شد تا pH آن را به حدود ۲ کاهش دهد. سپس، با افزودن تدریجی یدروکسید سدیم (NaOH) يك نرمال یا ۰/۲ نرمال به محلولها، pH آنها را از ۲ به ۱۲ رسانیده و تغییر رنگ را ثبت می‌کنیم. رنگ مشاهده شده برحسب pH، برای هر پانزده شناساگر طبیعی، در شکل ۱ نشان داده شده است. اگر pH يك محلول را به طور مکرر بین ۲ و ۱۲ بالا و پایین ببریم، ممکن است نواحی تغییر رنگ اندکی جا به جا شوند. در این آزمایش تنها تلاش کردیم که ناحیه‌های اصلی تغییر رنگ را بررسی کنیم. با ریختن محلول‌های شناساگر در لوله‌های آزمایش و مقایسه رنگها، می‌توان مشاهدات دقیق‌تری انجام داد. برای نمونه، آب کلم قرمز در فاصله pH ۲ تا ۱۲، ده رنگ مختلف به خود می‌گیرد. نظیر این آزمایش‌ها را برای سایر مواد خوراکی، نظیر چای و غیره نیز می‌توان انجام داد.

\* در pH ۱۲ و بالاتر، زرد رنگ است.

بر گرفته از:

R. C. Mebane and T. R. Rybolt,  
J. Chemil Education, Vol. 62,  
April 1987, P. 285.

شناساگرهای طبیعی که در پوست سیب سرخ، چغندر، آلبالوی کوهی، کلم قرمز، گیلاس، آب انگور، پیاز قرمز، پیاز زرد، پوست هلو، پوست گلابی، پوست تربچه - نقلی، پوست ریواس، گوجه فرنگی و پوست شلغم وجود دارد مورد آزمایش قرار گرفت. آن دسته از سبزی‌ها و میوه‌ها که آب آنها در دسترس بود، نظیر انگور، با آب مقطر رقیق شده و به کار برده شدند. در مورد سایر شناساگرها، ابتدا، سبزی یا میوه مورد نظر را خرد کرده و در داخل يك لیوان شیشه‌ای ریخته و روی آن را با آب می‌پوشانیم و سپس به مدت نیم ساعت در دمای پایین‌تر از نقطه جوش آب (مثلاً در حدود ۸۵ درجه سانتیگراد) نگاه میداریم. محلول‌های به دست آمده را، با کج کردن

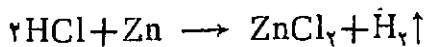
### دگرگونی رنگها در اثر تغییر pH

شناساگر	pH ۲	pH ۳	pH ۴	pH ۵	pH ۶	pH ۷	pH ۸	pH ۹	pH ۱۰	pH ۱۱	pH ۱۲
پوست سیب سرخ	نارنجی										زرد مایل به سبز
چغندر						قرمز روشن					بنفش
آلبالوی کوهی	قرمز روشن					بنفش					سبز
کلم قرمز	قرمز		مغزنی	مغزنی	آبی						سبز
آلبالو	قرمز			نارنجی			قهوه‌ای				سبز
آب انگور	قرمز										سبز
پیاز قرمز	صورتی روشن										زرد
پیاز زرد											زرد
پوست هلو	نارنجی										سبز
پوست گلابی	نارنجی										سبز
پوست آلو	قرمز					بنفش					سبز
پوست تربچه نقلی	نارنجی روشن										قهوه‌ای
پوست ریواس	نارنجی										قهوه‌ای روشن
گوجه فرنگی											زرد تارک
پوست ترب سفید	قرمز					بنفش					سبز
											ناحیه تغییر رنگ



سید جلال امیرآفتابی

دبیر شیمی دبیرستان کمال



$\rightarrow$  ۱ مول روی + ۲ مول اسید کلریدریک

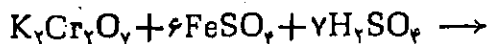
۱ مول گاز هیدروژن + ۱ مول کلرید روی

اینک به کمک تمرین زیر کاربرد مفهوم مول را نشان می‌دهیم.

تمرین - ۵/۶ مول دی کرومات پتاسیم محلول، در محیط

اسید سولفوریک توسط چند مول سولفات آهن (II) محلول،

احیا می‌شود؟



مول سولفات آهن (II) مول دی کرومات پتاسیم

۱

۶

۵/۶

x

$$x = 3/6 \text{ مول}$$

چنانچه ملاحظه می‌شود هر یک مول دی کرومات پتاسیم توسط ۶

مول سولفات آهن (II) احیا می‌شود، پس ۵/۶ مول کرومات

پتاسیم مطابق تناسب بالا توسط ۳/۶ مول سولفات آهن

(II) احیا می‌شود.

## مفهوم جرم مواد شیمیایی

شاید عده کمی از دانش آموزان به مفهوم دقیق جرم اتمی، جرم مولکولی، اتم گرم و مولکول گرم پی برده باشند، لذا در ابتدا با این تعاریف بیشتر آشنا می‌شویم تا کاربرد آنها آسان شود.

یکی از مشکلاتی که دانش آموزان در فراگیری حل مسایل شیمی با آن روبه‌رو هستند، مواجه شدن با راه حل‌های نسبتاً طولانی و پیچیده است. لذا گاهی حل کردن يك مسأله ساده شیمی نه تنها باعث سردرگمی دانش آموزان می‌شود بلکه گاهی آنها را از روش درست حل مسأله منحرف می‌کند. لذا پیشنهاد می‌شود که در مرحله اول با روش نوشتن يك واکنش شیمیایی بر اساس مقدارهای متفاوتی که از هر ماده لازم است، آشنا شویم و در این کار تلاش و حتی اصرار کنیم.

احتمالاً با فراگیری ۷ مفهوم اساسی می‌توان به آسانی مسایل شیمی را تجزیه و تحلیل کرد؛ ۵ مفهوم اساسی را در سطح اول دبیرستان و دو مفهوم دیگر را در سطح سوم دبیرستان بیان می‌کنیم.

## مفهوم مول

مول در معنی وسیع کلمه شامل  $6.02 \times 10^{23}$  ذره (الکترون، پروتون، نوترون، اتم، یون و مولکول) است.

برای مثال:

الکترون  $1 = 6.02 \times 10^{23}$  مول الکترون

اتم سدیم  $1 = 6.02 \times 10^{23}$  مول سدیم

مولکول آب  $1 = 6.02 \times 10^{23}$  مول آب

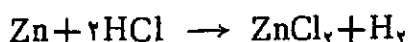
در يك واکنش شیمیایی پس از موازنه در سمت چپ هر ماده شیمیایی ضربی نوشته می‌شود که این ضربی نماینده تعداد مولهای آن ماده است.

مثال:

کمیت مول و هم با کمیت جرم بیان کرد و با توجه به این که در صورت مسأله از کدام يك از دو کمیت فوق استفاده شده باشد، در حل مسأله از همان بیان استفاده می‌کنیم.

تمرین:  $0/65$  گرم روی را در اسید کلریدريك كافي قرار می‌دهیم، تعیین کنید پس از انجام كامل واكنش چند مول اسید به مصرف می‌رسد؟

$$\langle \text{Zn} = 65 \rangle$$



مول اسید      گرم روی

$$65 \quad 2$$

$$0/65 \quad x$$

$$x = 0/02 \quad \text{مول اسید مصرفی}$$

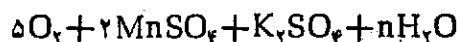
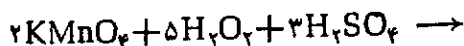
جرم مولكولي: نسبت جرم مولكول هر ماده شیمیایی است به واحد کربنی به‌طور مثال می‌گوییم جرم مولكولي آب برابر با:  $\text{H}_2\text{O} = 18$  می‌باشد پس هر مولكول آب 18 برابر واحد کربنی است.

مولكول گرم «مول»: مقدار معین و مشخص از هر ماده شیمیایی بر حسب گرم است که از نظر عددی برابر با جرم مولكولي آن ماده بوده و شامل  $6/02 \times 10^{23}$  عدد مولكول است.

به‌طور مثال وقتی می‌گوییم جرم مولكولي اسید سولفوريك برابر با  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$  است نتیجه می‌گیریم که:

$$6/02 \times 10^{23} = 98 \text{ گرم} = 1 \text{ مول اسید سولفوريك مولكول است}$$

تمرین:  $0/4$  مول محلول پرمنگنات پتاسیم در محیط اسید سولفوريك، توسط چند گرم پراکسید تیدروژن احیا می‌شود.



گرم آب اكسیژنه      مول پرمنگنات پتاسیم

$$5 \times 32 \quad 2$$

$$x \quad 0/4$$

$$x = 34 \quad \text{گرم آب اكسیژنه}$$

برای اندازه‌گیری هر کمیت به واحد مناسبی نیاز داریم. در مورد اندازه‌گیری جرم اتمی عناصر به واحد مناسبی به نام واحد جرم اتمی یا واحد کربنی اشاره می‌کنیم:

$\frac{1}{12}$  جرم  $^{12}_6\text{C}$  را به عنوان واحد جرم اتمی و یا واحد کربنی انتخاب می‌کنیم و جرم اتمی سایر عناصر را نسبت به آن می‌سنجیم.

جرم اتمی عناصر: نسبت جرم اتم هر عنصر است به واحد کربنی که ممکن است کسری باشد.

به‌طور مثال وقتی می‌گوییم جرم اتمی آهن 56 است، یعنی هر اتم آهن 56 برابر واحد کربنی است.

### اتم گرم عناصر «مول»

مقدار معین و مشخص از هر عنصر است «بر حسب گرم» که از نظر عددی برابر با جرم اتمی همان عنصر است و شامل  $6/02 \times 10^{23}$  عدد اتم از آن عنصر است.

با توجه به این که جرم اتمی سدیم:  $\text{Na} = 23$  است نتیجه می‌گیریم که:

عدد اتم سدیم

$$6/02 \times 10^{23} = 23 \text{ گرم} = 1 \text{ مول سدیم (1 اتم گرم سدیم)}$$

تمرین 1:  $0/3$  مول آلومینیم چند گرم جرم دارد؟ ( $\text{Al} = 27$ )

گرم      مول آلومینیم

$$27 \quad 1$$

$$x \quad 0/3$$

$$\text{گرم} \quad x = 8/1$$

تمرین 2:  $0/4$  مول آلومینیم شامل چند عدد اتم است؟

اتم      مول آلومینیم

$$6/02 \times 10^{23} \quad 1$$

$$x \quad 0/4$$

$$\text{اتم} \quad x = 2/408 \times 10^{23}$$

پس در يك واكنش شیمیایی می‌توان ماده مورد نظر را هم با

### درجه خلوص

مواد شیمیایی به خصوص موادی که در مقیاس تجارتي تهیه می‌شوند، ناخالص هستند، لذا بر طبق تعریف: جرم ماده خالص موجود در ۱۰۰ گرم ماده ناخالص را درجه خلوص می‌گوییم.

تمرین: در ۷ گرم کربنات سدیم ۹۰٪ چند گرم کربنات سدیم خالص وجود دارد؟

g کربنات سدیم خالص      g کربنات سدیم ناخالص

۱۰۰

۹۰

۷

$$x = 6/3$$

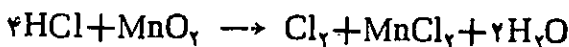
گرم کربنات سدیم خالص

توجه: به کمک رابطه ساده زیر به آسانی می‌توان جرم ماده خالص موجود در مقدار معین از یک ماده ناخالص را تعیین کرد:

درجه خلوص  $\times$  جرم ماده ناخالص = جرم ماده خالص

موارد استفاده از درجه خلوص در تمرینهای بعد مورد توجه قرار می‌گیرد یعنی در هر مسأله‌ای که ماده ناخالص مسورد مصرف قرار گیرد بلافاصله جرم ماده ناخالص را در درجه خلوص آن ضرب می‌کنیم تا جرم ماده خالص معین شود.

تمرین: ۶۰ گرم دی‌اکسید منگنز ۸۰٪ با مقدار کافی اسید کلریدریک واکنش می‌دهد. حجم گاز حاصل را (در شرایط متعارفی) معین کنید:



گرم دی‌اکسید منگنز      لیتر

۸۷

۲۲/۴

 $60 \times 0/80$ 

x

$$x = 12/35 \quad \text{لیتر گاز کلر حاصل}$$

نام

### قانون حجم مولی گازها

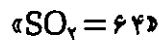
۱ مول از هر گازی در شرایط یکسان (از نظر دما و فشار) دارای حجم‌های مساوی هستند.

۱ مول از هر گازی در شرایط متعارفی ۲۲/۴ لیتر (معادل ۲۲۴۰۰ میلی‌لیتر) حجم دارد.

### قانون آووگادرو

در حجم‌های مساوی از تمام گازها (در شرایط یکسان) عده مولکولها مساوی هستند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که در حجم‌های مساوی از کلیه گازها عده موآلهای برابرند. در ۲۲/۴ لیتر از هر گازی (در شرایط متعارفی)، یعنی در یک مول گاز، عده مولکولها برابر با  $6/02 \times 10^{23}$  است.

به طور مثال گاز  $\text{SO}_2$  را با چهار کمیت بیان می‌کنیم:



$$22/4 = 64 \text{ گرم} = \text{امول گاز دی‌اکسید گوگرد}$$

عدد مولکول  $6/02 \times 10^{23} =$  (شرایط متعارفی) لیتر

لذا در حل مسایل باید توجه داشت که گاز مورد نظر با کدامیک از کمیت‌های فوق مورد توجه قرار گرفته است؟

تمرین: ۲/۲۴ لیتر گاز  $\text{SO}_2$  را وارد محلول رقیق پرمنگنات پتاسیم می‌کنیم، چند مول پرمنگنات پتاسیم محلول کاملاً احیا می‌شود:



لیتر گاز      مول پرمنگنات پتاسیم

۲

 $5 \times 22/4$ 

x

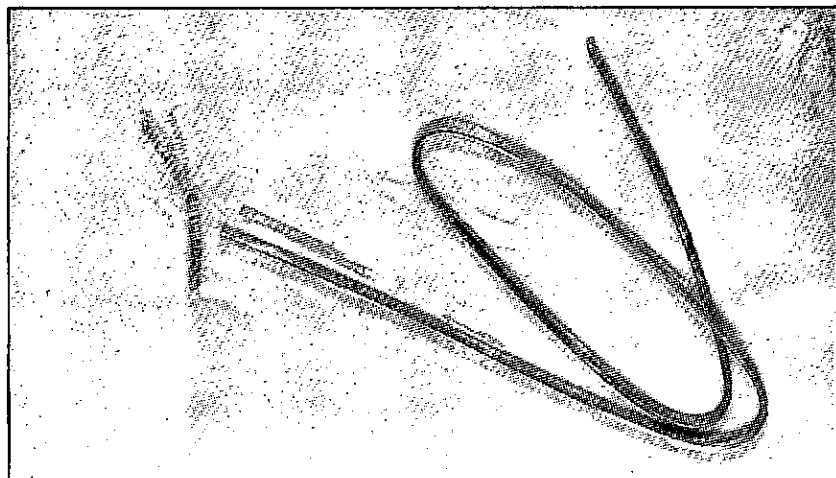
۲/۲۲

$$x = 0/04$$

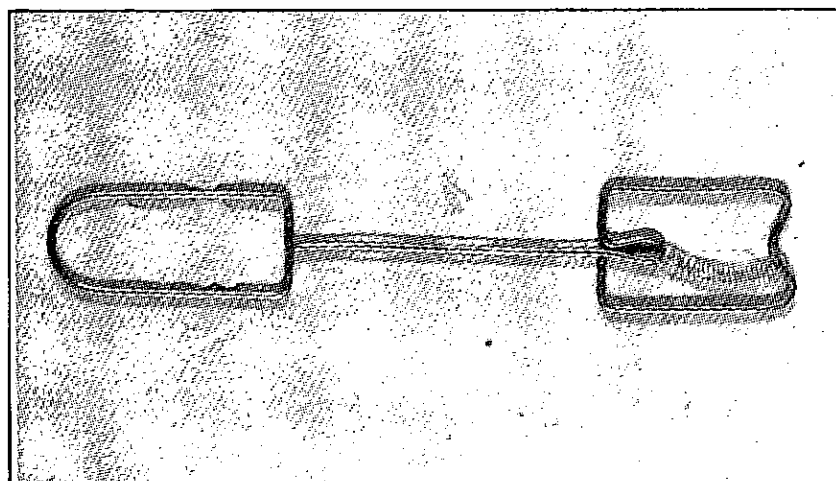
مول پرمنگنات پتاسیم

# دستور ساخت سلسله وسایل آزمایشگاه شیمی

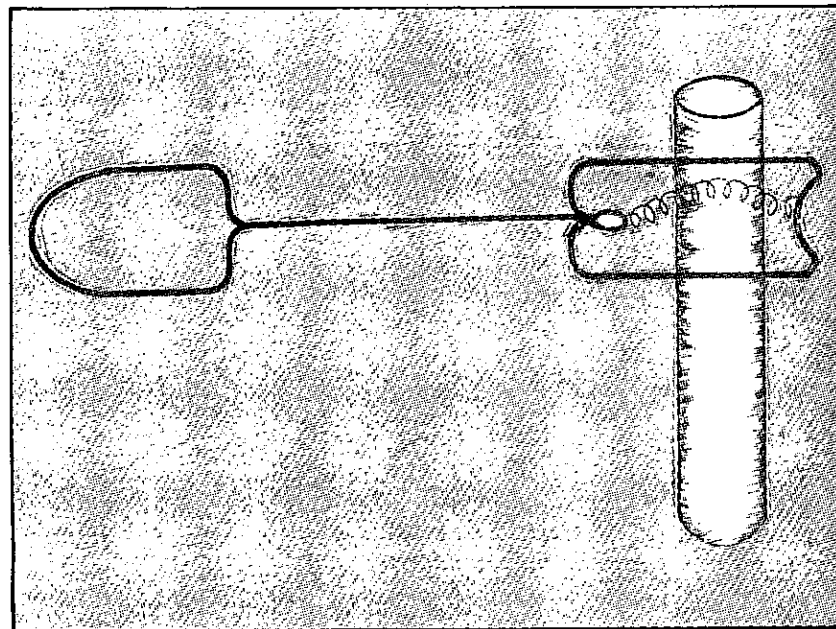
از: م - ی - نوروزیان



شکل ۱



شکل ۲



شکل ۳

## ۵- ساخت لوله گیر

### الف - وسایل مورد نیاز:

- ۱- مفتول فلزی حدود ۶۰ سانتی متر.
- ۲- فتر (می‌توانید از فتر خودکار استفاده کنید).

شکل ۱

### ب - روش ساخت:

- ۱- مفتول را مثل شکل حالت بدهید.
- ۲- دو سر فتر را مطابق شکل در مفتول قرار دهید.
- ۳- سرهای مفتول را لحیم کنید.

شکل ۲

### ج - وسیله آماده است.

شکل ۳

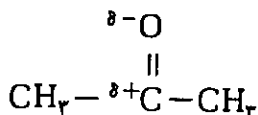
امروز دانشگاه اصلاح شود،  
مملکت اصلاح می‌شود.  
«امام خمینی»

# امتحان گزینش دانشجو برای دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی

سال تحصیلی ۶۷-۱۳۶۶  
بخش ویژه دانش‌آموزان

گروه آزمایشی علوم تجربی  
آزمون اختصاصی شیمی  
مدت پاسخگویی: ۲۴ دقیقه  
تعداد ۳۰ سؤال

۵- بین کدام مولکول زیر و:



امکان تشکیل پیوند تیدروژنی قویتری وجود دارد؟



۶- در کدام ردیف جدول زیر عوامل مؤثر در پیشرفت انحلال، درست معرفی شده است؟

۱ (۱)    ۲ (۲)    ۳ (۳)    ۴ (۴)

حلال	حل شده	عوامل اساسی مؤثر در پیشرفت انحلال
آب (۱)	یدیدسدیم	انرژی شبکه بلور - کاهش بی‌نظمی
آب (۲)	الکل	پیوند تیدروژنی - افزایش بی‌نظمی
بنزن (۳)	ید	انرژی شبکه بلور - افزایش بی‌نظمی
سولفیدکربن (۴)	گوگرد	نیروهای واندروالی - کاهش بی‌نظمی

۷- کدام آرایش الکترونی زیر را می‌توان به لایه ظرفیت یون  $X^{2+}$  نسبت داد؟



۸- با توجه به اینکه در تعادل گازی:



$\Delta H$  واکنش معکوس مثبت است، میتوان نتیجه گرفت که:  
(۱) انرژی پیوندی مواد حاصل نسبت به مواد اولیه خیلی بیشتر است.

۱- کدام يك از عناصر زیر می‌تواند جامد کووالانسی تشکیل دهد؟

- (۱) کربن      (۲) کلر  
(۳) لیتیم      (۴) نئون

۲- انرژی نخستین یونیزاسیون چهار عنصر A, B و C, D مربوط به يك دوره تناوب از جدول به ترتیب ۱۱۸، ۱۷۶، ۱۸۸ و ۳۵۰ کیلوکالری بر مول است، در کدام يك از آنها تمایل به جذب و نگهداری الکترون از همه بیشتر است؟

- (۱) A      (۲) B  
(۳) C      (۴) D

۳- در کدام دو مولکول زیر، نوع هیبریداسیون اربیتالهای اتم مرکزی، درست نشان داده شده است؟

- الف)  $sp^2d: IF_5$       ب)  $sp^2: COCl_2$   
ج)  $sp^2: POCl_3$       د)  $sp^3d: PF_5$   
(۱) الف) و (ب)      (۲) الف) و (د)  
(۳) (ب) و (ج)      (۴) (ج) و (د)

۴- کدام يك از فرمولهای شیمیایی زیر صحیح نیست؟

- الف) فسفید آلومینیم  $AlP$   
ب) سولفید آلومینیم  $AlS$   
ج) نیتريد آلومینیم  $AlN$   
د) فسفات آلومینیم  $AlPO_4$   
(۱) الف      (۲) ب  
(۳) ج      (۴) د

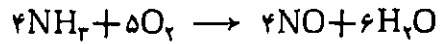


۲) این تعادل در دمای بالا برقرار شده است.

۳) این تعادل در فشار کم برقرار شده است.

۴) میزان بی نظمی مواد حاصل نسبت به مواد اولیه خیلی بیشتر است.

۹- در واکنش:



به ازای  $3/6 \times 10^{21}$  مولکول اکسیژن، چند مولکول گاز NO تولید می شود؟

۱)  $2/188 \times 10^{21}$       ۲)  $3/6 \times 10^{21}$

۳)  $4/5 \times 10^{21}$       ۴)  $7/2 \times 10^{21}$

۱۵- برای جدا کردن ذرات چربی از شیر، کدام روش زیر، مناسب است؟

۱) تقطیر      ۲) تبلور

۳) سانتریفوژ کردن      ۴) صاف کردن

۱۱- در تهیه منیزیم، به کدام منظور زیر، به آب دریا، آب آهک می افزایند؟

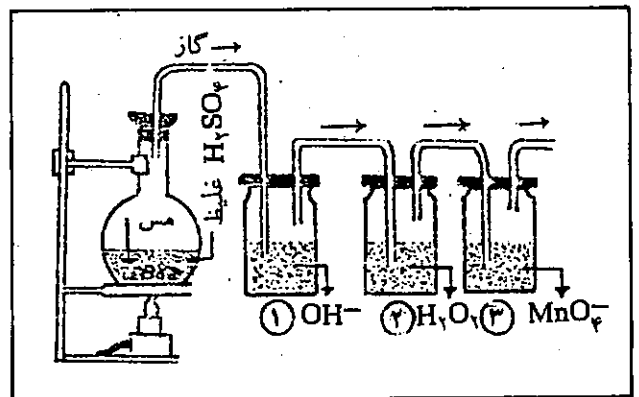
۱) بالا بردن میزان رسانایی الکتریکی آب دریا

۲) به دست آوردن کربنات کلسیم به عنوان ماده فرعی

۳) جدا کردن آنیونهایی که با  $Ca^{2+}$  رسوب می دهند

۴) هیچکدام

۱۲- با توجه به شکل زیر، در اثر عبور گاز از محلولهای ۱، ۲، ۳، ۴ کدام مواد زیر، در آنها تشکیل می شود؟



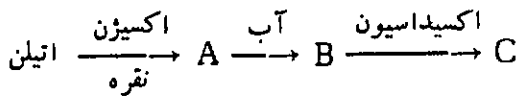
۱)  $HSO_4^-$  ،  $S_2O_4^{2-}$  و  $MnO_2$

۲)  $HSO_4^-$  ،  $SO_4^{2-}$  و  $Mn^{2+}$

۳)  $HSO_4^-$  ،  $SO_4^{2-}$  و  $MnO_2$

۴)  $HSO_4^-$  ،  $SO_4^{2-}$  و  $Mn^{2+}$

۱۳- با توجه به تبدیلات زیر:

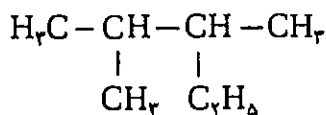


C کدام ماده زیر، می تواند باشد؟

۱) ایتیل الکل      ۲) ایتیلن گلیکول

۳) استالئید      ۴) اسید اکسالیک

۱۴- اگر به جای یکی از اتمهای تیدروژن در مولکول:



گروه OH قرار گیرد، امکان تشکیل چند الکل ایزومر وجود دارد (بدون در نظر گرفتن ایزومری نوری)؟

۱) ۴      ۲) ۵      ۳) ۶      ۴) ۷

۱۵- کدام مطلب زیر، در مورد روشهای تهیه فولاد، درست است؟

۱) تفاوت روش مارتن با روش الکتریکی، فقط در نوع ماده اکسیدکننده است.

۲) در روش الکتریکی، برای کاهش درصد کربن چدن، از اکسیژن هوا استفاده می شود.

۳) در روش L. D، فولادهای معمولی و ضد زنگ تهیه می شود.

۴) در روش مارتن، برای کاهش درصد کربن چدن، از آهن زنگ زده استفاده می شود.

۱۶- در نتیجه تیدرولیز چربیها، همراه با اسید چرب، کدام ماده زیر تولید می شود؟

۱) اتانل      ۲) فنل

۳) گلیسرین      ۴) گلیکول

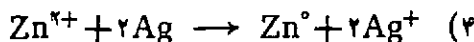
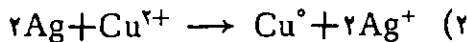
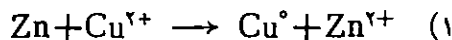
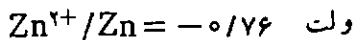
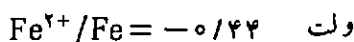
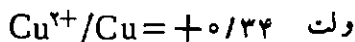
۱۷- کدام مطلب زیر، در مورد کائوچوی طبیعی درست است؟

۱) به علت زیاد بودن جرم مولکولی مقاومت آن در مقابل حرارت زیاد است.

۲) پلیمری از کلروپرن به شمار می رود.

۳) خاصیت کشسانی آن در اثر ولکانیزاسیون کاهش می یابد.

۴) در زنجیرهای ماکرومولکول آن پیوندهای دوگانه وجود دارد.

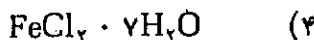
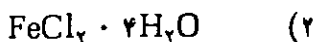


۲۴- ۷/۵۵ گرم از نمک نیدراته کلرید آهن (II) را در

جریان گاز HCl به نمک بی آب (انیدر) تبدیل

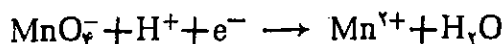
کرده ایم، وزن این نمک ۳/۸۱ گرم است. فرمول این

نمک نیدراته چیست؟

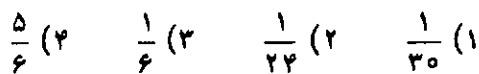


۲۵- مولاریته محلولی از پرمنگنات که براساس شرکت در

نیم واکنش:



$\frac{1}{6}$  نرمال می باشد، کدام است؟

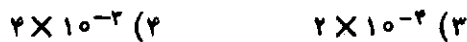


۲۶- در محلول سیر شده کربنات لیتیم، براساس تعادل:



اگر در دمای معین، غلظت  $Li^+$  برابر ۰/۲ مول در

لیتر باشد، مقدار  $K_{sp}$  کدام است؟



۲۷- مخلوطی از گازهای CO و  $Cl_2$  را به نسبت مولی

برابر و معین، در ظرف سربسته ای تا برقراری تعادل

گازی:

۱۸- عبارت صحیح کدام است؟

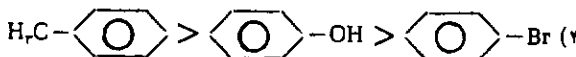
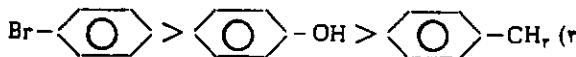
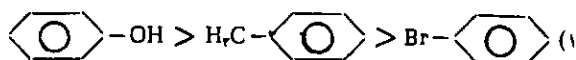
(۱) از وینیل الکل در تهیه پلاستیکهای وینیلی استفاده می شود.

(۲) وینیل الکل از اثر افزایش آب بر اتیلن به دست می آید.

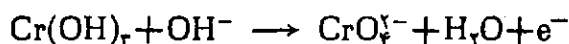
(۳) وینیل الکل از تیدرولیز کلرید اتیلن به دست می آید.

(۴) وینیل الکل ناپایدار است و به اسنالدئید تبدیل می شود.

۱۹- کدام ترتیب در مورد سرعت برماسیون صحیح است؟



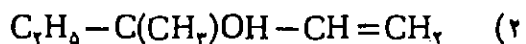
۲۰- در معادله نیم واکنش:



ضریب  $H_2O$  پس از موازنه، کدام است؟



۲۱- کدام ترکیب زیر، بر نور پلاریزه بی اثر است؟



۲۲- اگر در واکنش  $A+B \rightarrow C+D$  تغییرات مقدار

A در ثانیه های اول، دوم، سوم و چهارم بعد از شروع

واکنش، به ترتیب ۲/۵، ۱/۲۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ مول

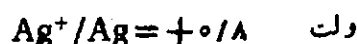
در لیتر باشد، سرعت متوسط واکنش براساس غلظت

ماده A بر حسب مول در ثانیه، کدام است؟



۲۳- براساس مقادیر  $E^0$ ، کدام يك از واکنشهای داده شده

به صورتی که نوشته شده امکان پذیر است؟



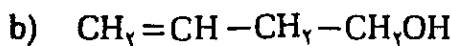
# تمرین‌هایی برای حل

حام امینی

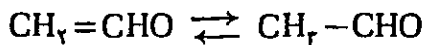
در برنامه تلویزیونی تدریس شیمی چهارم تمرین‌هایی به دانش‌آموزان داده شد، اکنون متن پرسش‌ها در این شماره نوشته می‌شود تا دانش‌آموزان علاقه‌مندان آنها را حل کرده و پاسخ خود را برای ما بفرستند تا به نام آنها در مجله منتشر شود.

۱- فرمول ساختمانی آلکانهایی به جرم مولی ۸۶ را رسم کنید که اگر بجای یکی از ایدروژنهای آن اتم کربن، فرادگیرد امکان تشکیل سه ایزومر ساختمانی وجود داشته باشد. نام این ایزومرها را بنویسید و ایزومری را مشخص کنید که دارای ایزومر فضایی است.

۲- کدام الکل زیر با معرف لوکاس سریعتر واکنش می‌دهد؟ علت چیست؟



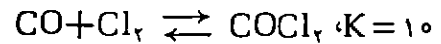
۳- با استفاده از جدول انرژی پیوندها گرمای تشکیل مولی وینیل الکل و استالید را از اتم‌ها معین کنید و با استفاده از آن توضیح دهید که چرا؟ تعادل:



به طور تقریباً کامل به سمت راست پیشرفت می‌کند.

۴- استیلن بر خلاف اتان و اتیلن، ایدروژن قابل جانشینی با فلزها را دارد، علت را توضیح دهید. فرمول ساختمانی ایدروکربنهایی به فرمول  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  را رسم کنید که با  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  واکنش بدهد.

۵- واکنش سولفیت ایدروژن سدیم با استن به چه علت یک واکنش افزایشی نوکلئوفیلی است؟ گروه نوکلئوفیل در این واکنش کدام است؟ چرا این گروه نوکلئوفیل است. از اینکه این واکنش به کاتالیزور نیاز ندارد چه نتیجه‌ی در مورد قدرت نوکلئوفیلی این گروه به دست می‌آید؟



گرم می‌کنیم. در این حالت  $[\text{COCl}_2]$  برابر ۰/۴ مول در لیتر است، غلظت  $\text{Cl}_2$  بر حسب مول در لیتر، کدام است؟



۲۸- در دو ظرف جداگانه حجم‌های مساوی از اسید

کلریدریک ۰/۰۰۱ نرمال و اسید استیک ۰/۰۰۱ نرمال موجود است. کدامیک از عبارتهای زیر در مورد مقایسه pH این دو اسید صحیح است؟

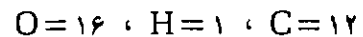
(۱) pH محلول اسید استیک بیشتر است چون غلظت یون  $\text{H}^+$  در آن کمتر است.

(۲) pH محلول اسید استیک کمتر است چون غلظت یون  $\text{H}^+$  در آن کمتر است.

(۳) pH محلول اسید کلریدریک بیشتر است چون غلظت یون  $\text{H}^+$  در آن بیشتر است.

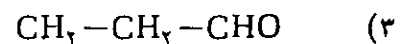
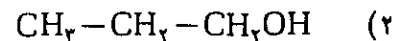
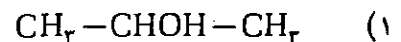
(۴) pH این دو محلول یکسان است، چون نرمالیت آنها برابر است.

۲۹- یک هیدروکربن مونواسیتلنی زنجیری بر اثر سوختن هم وزن خود آب تولید می‌کند، فرمول مولکولی آن چیست؟



۳۰- محصول به دست آمده از اکسیداسیون مرحله اول کدام

ترکیب، بر نترات نقره آمونیاکی اثر ندارد ولی با سولفیت ایدروژن سدیم رسوب می‌دهد؟

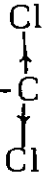


جامد فلزی است.

۲- عنصری که انرژی یونیزاسیون بیشتر دارد، برای نگاهداری الکترون لایه ظرفیت خود تمایل بیشتری خواهد داشت.

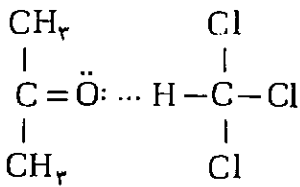
۳- هیبریداسیون اربیتالهای اتم مرکزی در  $IF_6$  از نوع  $sp^2d^2$  در  $COCl_2$  از نوع  $sp^2$  در  $POCl_3$  از نوع  $sp^3$  و در  $PF_5$  از نوع  $sp^3d$  می باشد.

۴- فرمول سولفید آلومینیم  $Al_2S_3$  می باشد.



۵- در  $H^{\delta+} - C^{\delta-} - Cl$  به علت اثر القایی شدید

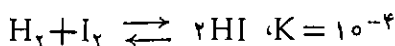
اتمهای کلر پیوند  $C-H$  به طور قابل توجهی قطبی است، بنابراین می تواند با استن در تشکیل پیوند تیدروژنی شرکت کند.



۶- در عمل انحلال یدید سدیم در آب، انرژی شبکه بلور عامل مؤثر در پیشرفت انحلال نیست زیرا هرچه انرژی شبکه بیشتر باشد گسستن شبکه بلوری و در نتیجه عمل انحلال مشکل تر است. در انحلال الکل در آب، تشکیل پیوند تیدروژنی بین آب و الکل عامل مؤثر در پیشرفت انحلال است و موجب نفوذ مولکولهای الکل در آب می شود. انحلال الکل در آب در جهت افزایش میزان بی نظمی است، بنابراین عامل رسیدن به حداکثر میزان بی نظمی عامل مؤثر در انحلال الکل در آب است. انحلال ید در بنزن گرچه در جهت افزایش میزان بی نظمی است ولی انرژی شبکه بلورید نمی تواند عامل مؤثر در انحلال ید در بنزن باشد. انحلال گوگرد در دی سولفید کربن نیز در جهت افزایش میزان بی نظمی است.

۷- آرایش الکترونی  $X_{24}$ ، کروم، به صورت  $3d^5 4s^1$  است بنابراین آرایش الکترونی یون  $X^{2+}$  به صورت  $3d^4$  خواهد بود.

۸- واکنش تعادلی:



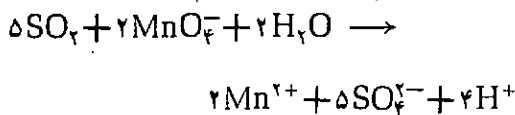
# پاسخ تست های شبیهی رشته تجربی ۱۳۶۱

حام امینی

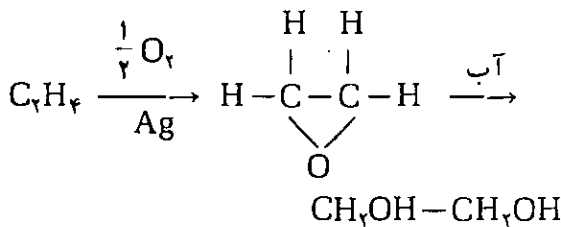
۱- کربن جامد کووالانسی (به صورت الماس) - کلروثون در حالت جامد، جامد واندروالسی (مولکولی) و لیتیم جامد فلزی است. توضیح آنکه کربن به صورت گرافیت در یک بعد جامد کووالانسی و در بعد دیگر جامد واندروالسی توأم با

$H_2SO_4$  یونیزه شده به صورت  $HSO_4^-$  و  $SO_4^{2-}$  در می آید.

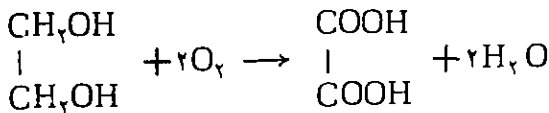
در ظرف شماره (۳)



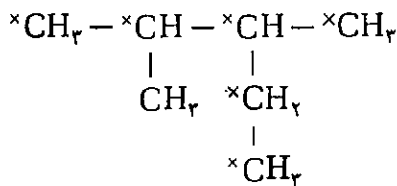
۱۳- واکنشهای مورد نظر چنین است:



بنابراین ماده A اکسید اتیلان و ماده B اتیلان گلیکول است. این ماده دارای دو عامل الکلی نوع اول است بنابراین با اکسیداسیون عاملهای الکلی آن محصولات متعددی به دست می آید که از جمله اسید اکسالیک می باشد (ماده شماره C).



۱۴- اتمهای کربنی را که به جای تیدروژن آنها عامل OH قرار می گیرد می توان با (+) مشخص کرد.



بنابراین امکان تشکیل ۶ ایزومر وجود دارد.

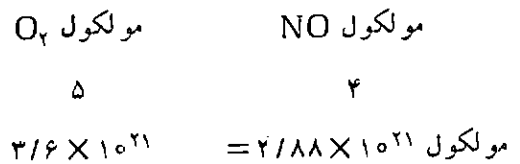
۱۵- در روش مارتن برای کاهش درصد کربن چدن از آهن زنگ زده استفاده می شود.

۱۶- در نتیجه تیدرولیز چربیها همراه با اسید چرب گلیسرین نیز تولید می شود.

۱۷- کائوچوی طبیعی پلیمری از ایزوپرن است، چون به طور کامل ولکانیزه نمی شود در زنجیرهای ماکرومولکول آن پیوندهای دوگانه وجود دارد. در صورتیکه کائوچو به طور کامل ولکانیزه شود خاصیت کشسانی خود را از دست خواهد داد و نمی تواند به صورت لاستیک مورد مصرف قرار گیرد.

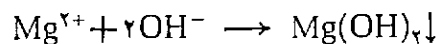
در جهت مستقیم گرمای است بنابراین هرچه دما بالاتر باشد طبق قاعده لوشاتلیه واکنش معکوس پیشرفت بیشتری خواهد داشت و مقدار K کمتر خواهد بود. با توجه به اینکه مقدار K بسیار کم است ( $K = 10^{-4}$ ) می توان دانست که این تعادل در دمای بالا برقرار نشده است. گرچه انرژی پیوندی مواد حاصل نسبت به مواد اولیه بیشتر است (زیرا واکنش گرمای است) ولی چون مقدار  $\Delta H$  داده شده است نمی توان گفت تفاوت انرژی خیلی زیاد است بنابراین گزینه ۱ نمی تواند درست باشد و چون تعداد مولها در دو طرف معادله برابر است نمی توان گفت این واکنش تغییرات میزان بی نظمی زیادی داشته است.

۹- در این واکنش به ازاء ۵ مولکول اکسیژن مقدار ۴ مولکول گاز NO حاصل شده است می توان نوشت:

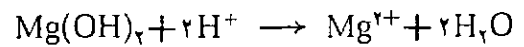


۱۰- در عمل سانتریفوژ کردن می توان با استفاده از تفاوت جرم حجمی ذرات چربی را از شیر جدا کرد.

۱۱- در تهیه منیزیم به آب دریا آب آهک می افزایند تا یون  $Mg^{2+}$  به صورت  $Mg(OH)_2$  رسوب کند و از آب دریا جدا شود:

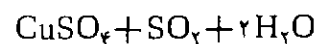
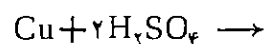


سپس با تأثیر کلرید تیدروژن بر تیدروکسید منیزیم، یون منیزیم خالص را به دست می آورند.

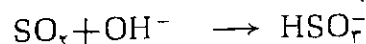


بنابراین هیچ کدام از سه جواب اول درست نیستند.

۱۲- واکنشهای انجام شده بدین ترتیب است:



در ظرف شماره (۱)



در ظرف شماره (۲)



۲۵- تغییر عدد اکسیداسیون Mn در این نیم واکنش برابر ۵ است، بنابراین:

$$N = C_M \times n \Rightarrow \frac{1}{6} \Rightarrow C_M \times 5$$

$$\Rightarrow C_M = \frac{1}{30} \text{ مولار}$$

۲۶- طبق معادله واکنش، غلظت یون  $Li^+$  دو برابر غلظت یون  $CO_3^{2-}$  است، بنابراین:

$$K_{sp} = [Li^+]^2 [CO_3^{2-}] = (0/2)^2 (0/1)$$

$$= 4 \times 10^{-2}$$

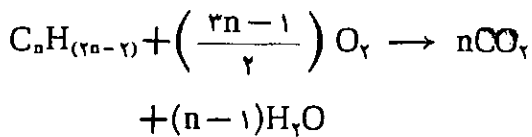
۲۷- غلظت  $CO$  و  $Cl_2$  را در حالت تعادل برابر  $x$  فرض می‌کنیم، بنابراین:

$$K = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} \rightarrow 10 = \frac{0/4}{x \cdot x}$$

$$\rightarrow x = 0/2$$

۲۸- چون درجه یونیزاسیون اسیداستیک از اسید کلریدریک کمتر است بنابراین در نرمالینه‌های یکسان، غلظت  $H^+$  در محلول اسیداستیک کمتر است. و در نتیجه pH آن بیشتر خواهد بود.

۲۹-



چون جرم تیروکسین مصرف شده با جرم آب تولید شده برابر است، می‌توان نوشت:

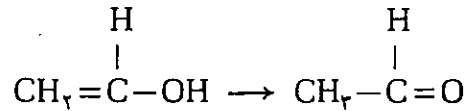
$$C_n H_{(2n-2)} = (n-1) H_2O$$

$$14n - 2 = 18(n-1)$$

$$n = 4$$

۳۰- الکل‌های نوع دوم در مرحله اول اکسیداسیون به ستن مبدل می‌شوند. ستن‌ها برخلاف الدیدها برنیترا نقره آمونیاکی مؤثر نیستند ولی با سولفیت تیروژن سدیم واکنش می‌دهند، بنابراین گزینه (۱) مورد نظر است.

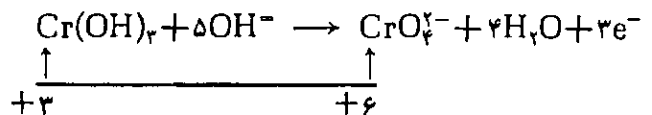
۱۸- وینیل الکل ناپایدار است و به استالدئید تبدیل می‌شود.



محاسبه تفاوت انرژی پیوندها در دو مولکول، پایداری قابل توجه استالدئید را نسبت به وینیل الکل نشان می‌دهد.

۱۹- دو عامل  $OH$  و  $CH_3$  هر دو فعال‌کننده هسته بنزن هستند ولی قدرت فعال‌کنندگی عامل  $OH$  بیشتر است در صورتیکه برم کاهش دهنده فعالیت هسته بنزنی است. بنابراین سرعت برماسیون قتل بیش از تولوئن و آنهم بیش از برموبنزن است.

۲۰- در معادله نیم واکنش تغییر عدد اکسیداسیون Cr که برابر ۶ می‌باشد ضرب  $e^-$  قرار می‌دهیم و با استفاده از برابر بودن بارهای الکتریکی در دو طرف آن را موازنه می‌کنیم:



۲۱- در گزینه ۳ ماده مورد نظر، کربن نامتقارن ندارد، بنابراین بر نورپلاریزه بی‌اثر است.

۲۲- تغییرات ماده A در ۴ ثانیه پس از انجام واکنش بر حسب مول برابر  $2/5 + 1/25 + 0/5 + 0/25 = 4/5$  است که آن را بر زمان انجام واکنش که برابر ۴ ثانیه است تقسیم می‌کنیم:

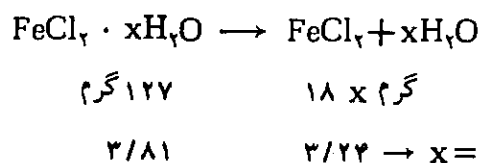
$$V_m = \frac{4/5}{4} = 1/25 \text{ مول بر ثانیه}$$

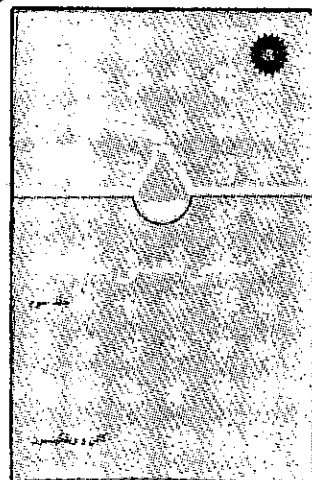
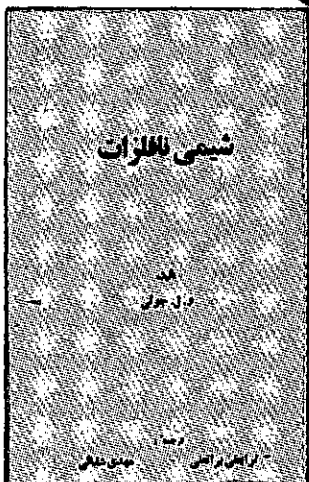
۲۳- بر اساس مقادیر  $E^\circ$ ، فلز روی نسبت به مس احیاکننده قوی‌تری است و واکنش گزینه (۱) انجام‌پذیر است.

۲۴- جرم آب همراه نمک بر حسب گرم:

$$7/05 - 3/81 = 3/24$$

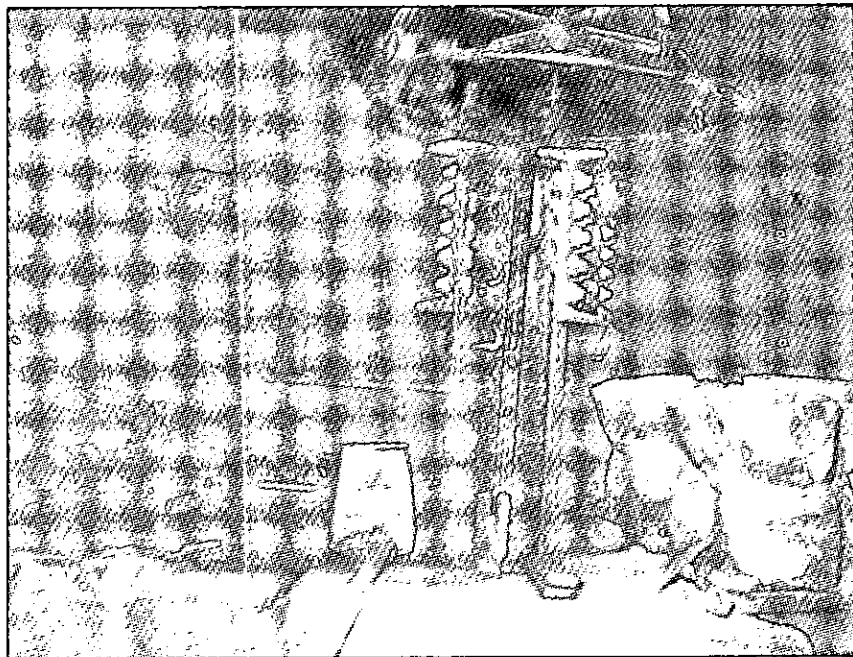
با استفاده از تناسب زیر می‌توان فرمول نمک تیدراته را به دست آورد:





نام کتاب : شیمی نافلزات  
 ناشر : مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه  
 تاریخ انتشار : چاپ دوم: اردیبهشت ماه ۱۳۶۵  
 کد : ۱۴۵۳  
 کتاب در ۲۳۲ صفحه شامل ۱۲ فصل:  
 فصل اول : (هیدروژن).  
 فصل دوم : (گازهای کمیاب).  
 فصل سوم : (فلوئور).  
 فصل چهارم : (کلر، برم، ید و آستاتین).  
 فصل پنجم : (اکسیژن).  
 فصل ششم : (گوگرد، سلنیم و تلور).  
 فصل هفتم : (ازت یا نیتروژن).  
 فصل هشتم : (فسفر و آرسنیک).  
 فصل نهم : (آنتیموان).  
 فصل دهم : (کربن).  
 فصل یازدهم : (سیلیسیم و ژرمانیم).  
 فصل دوازدهم : (بُر، بور).  
 تألیف : ویلیام. ل. جولی (W. L. Jolly)  
 ترجمه : دکتر نرگیزی براتعلی  
 دکتر مهدی شفائی

نام کتاب : شیمی معدنی پیشرفته (جلد سوم)  
 ناشر : مرکز نشر دانشگاهی  
 تاریخ انتشار : چاپ اول: ۱۳۶۵  
 کتاب در ۷۱۲ صفحه شامل عنوانهای زیر:  
 لانتانیدها؛ اسکاندیم و ایتریم؛ هیدروژن؛  
 عناصر گروه I (Cs, Rb, K, Na, Li)؛  
 بریلیم و عناصر گروه II (Sr, Ca, Mg)؛  
 Ra و Ba)؛ بور؛ عناصر گروه III (Al)؛  
 IV (Ga, In و Tl)؛ کربن؛ عناصر گروه  
 (Pb, Sn, Ge, Si)؛ نیتروژن؛ عناصر  
 گروه V (Bi و Sb, As, P)؛ اکسیژن؛  
 VI (Po و Te, Se, S)؛  
 VII (At و I, Br, Cl, F)؛  
 گازهای نجیب؛ (روی؛ کادمیم و جیوه)؛  
 پیوست؛ واژه نامه فارسی به انگلیسی؛  
 واژه نامه انگلیسی به فارسی؛ فهرست الفبایی.  
 تألیف : کاتن و ویلکینسون (Cotton & Wilkinson)  
 ترجمه : دکتر مهدی شفائی  
 دکتر ناصر صادقی



# آشنایی با کارخانه سنگ کوبی و کارگاه موزائیک سازی سمنان

ابوطالب عبدالشاه

دبیر دبیرستانهای سمنان

کارگاه موزائیک سازی مورد استفاده قرار می گیرند. دستگاه برش این کارخانه با برق سه فاز کار می کند و سنگهای بسیار بزرگ را به قطعات کوچکتر برش می دهد که بعداً برای نمای ساختمانها و ... به کار می روند. این دستگاه درجهت های مختلف کار می کند و سنگها را در اندازهها و طرح های گوناگون برش می دهد. دستگاه دیگر برش این کارخانه که به طریقه افقی رفت و برگشت می کند کارش برش سنگهای مخصوص پلهها است.

قسمت مهم کارگاه موزائیک سازی دستگاه پرس آن است که دارای دو فك ثابت و متحرك است و وسیله فشار روغن به حرکت در می آید، با توجه به آمپر دستگاه بر روی موزائیک های مختلف فشارهای متفاوتی وارد می آید مثلاً موزائیکهای قرنیز بسا ۱۵۰ درجه، موزائیکهای ۲۵ سانتی ۲۵۰ درجه و موزائیکهای ۳۰ سانتی ۳۰۰ درجه فشار ساخته می شوند. موزائیکها بعد از پرس برای خشك شدن در برابر آفتاب قرار می گیرند و روزی چند دفعه روی آنها

با پتك و چكش به قطعات کوچکتر تقسیم می شود.

سپس این سنگها به داخل طشت یا قیف ماشین سنگ کوبی ریخته می شود در داخل آسیاب سنگها خرد شده و وسیله ناودانی به آسیاب دوم منتقل می شوند تا مبدل به سنگ ریزه هایی کوچکتر گردند. سنگ ریزه های به دست آمده که معمولاً به رنگهای گوناگون سیاه، سفید و ... می باشند در

کارخانه سنگ کوبی سمنان تقریباً يك کارخانه مدرن است که ماشین آلات مختلفی را در اختیار دارد. خوراك این کارخانه قطعه سنگهای بزرگی است که از کوههای اطراف به دست می آید. ناگفته نماند که این سنگها آهکی و سیلیسی هستند و کمی دولومیت، مرمریت، آندوزیت، فلدسپات، باریت و کوارتزیت نیز دارند. سنگهای حمل شده به کارخانه ابتدا وسیله کارگران





آب می باشند تا از استحکام کافی برخوردار گردند. دستگاه دیگر کارگاه موزائیک سازی، ماشین موزائیک ساب است که دارای چند محور متحرك است و به راحتی به هر طرف حرکت می کند. موزائیک ها در داخل این دستگاه کاملاً ساییده می شوند تا نقش و نگار سنگ ریزه های رنگی به خوبی نمایان شود. از تولیدات دیگر این کارخانه لوله های سیمانی به اندازه های مختلف را می توان نام برد. در خاتمه دست اندرکاران مجله رشد شیمی امیدوارند با کمک کارگزاران و متخصصین زحمت کش و بهره برداری مفید از کارخانه های مختلف بتوانیم نیازهای جامعه اسلامی خود را به نحوی مطلوب برآورده سازیم.

بقیه از صفحه ۶۶

### شرکت در کنگره

حق ثبت نام ۳۰۰۰ ریال است که یک هزار ریال از این مبلغ در صورت تائید عضویت در انجمن شیمی و مهندسی شیمی ایران تا تاریخ شروع کنگره قابل استرداد خواهد بود.

حق استفاده از خوابگاه برای مجردین ۲۰۰۰ ریال و برای متأهلین ۳۰۰۰ ریال است. دانشجویان در تمام موارد از تخفیف نیم بها استفاده خواهند کرد. مبالغ مذکور هزینه غذا را شامل نمی گردد.

فرم تقاضای شرکت در کنگره بایستی حداکثر تا تاریخ ۱۳۶۷/۳/۱۵ پست شده باشد. در صورتی که تعداد متقاضیان شرکت کننده متجاوز از ظرفیت پذیرش باشد، همین اولویت ها بهمه کمیته برگزارکننده خواهد بود.

# اخبار



\* کتاب شیمی علوم انسانی برای سال تحصیلی ۶۷ جدیداً تالیف است.

\* کتاب معلم شیمی سالهای سوم و چهارم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک با تجدید نظر کامل زیر چاپ است.

\* کنگره شیمی و مهندسی شیمی ایران از ۲۱ تا ۲۴ شهریور ۱۳۶۷ در دانشگاه سیستان و بلوچستان برگزار می شود. فرم درخواست شرکت در کنگره در صفحه ۶۶ آمده است.

کنگره شیمی

و مهندسی شیمی ایران

۲۱-۲۴ شهریور ۱۳۶۷

دانشگاه سیستان و بلوچستان

فرم درخواست شرکت در کنگره

۱- نام خانوادگی: نام:

۲- نام دانشگاه یا مؤسسه محل خدمت: سمت:

۳- رشته تحصیلی: میزان تحصیلات:

۴- آدرس پستی و شماره تلفن:

۵- آیا همسر و فرزندان خود را همراه می‌آورید؟ آری  خیر 

در صورت مثبت بودن جواب، نام و نسبت آنها را (باقید سن فرزندان) بنویسید:

۱-  
-----۲-  
-----۳-  
-----۶- آیا مایل به استفاده از خوابگاه هستید؟ آری  خیر ۷- آیا مایل به اقامت در هتل (به هزینه شخصی) هستید؟ آری  خیر ۸- از چند وعده غذا مایلید استفاده کنید؟ صبحانه  نهار  شام  هیچکدام ۹- آیا تقاضای عضویت در انجمن شیمی ایران را نموده‌اید؟ آری  خیر 

۱۰- آیا در کنفرانس مقاله ارائه خواهید کرد؟

در صورت مثبت بودن جواب، عنوان مقاله را بنویسید؟

۱۱- در کدام میزگرد مایلید شرکت نمائید؟

آموزش دکتری  آموزش کارشناسی ارشد ارتباط صنعت و دانشگاه  آموزش کارشناسی و غیره (پیشنهاد کنید) 

اینجانب با پرداخت مبلغ ریال به حساب شماره ۸۲۱ بانک ملی شعبه مرکز زاهدان مربوط به سومین کنگره

شیمی که فیش بانکی آن پیوست است، تقاضای شرکت در کنگره شیمی و مهندسی شیمی را دارم.

امضاء

جهت کسب اطلاع بیشتر به صفحه ۶۵ مراجعه فرمایید

تاریخ

روی جلد بر اساس نمایش بلور  
فلوئورید لیتیم طراحی شده است.

نام کتاب : شیمی فلزات  
ناشر : مؤسسه انتشارات فاطمی  
تاریخ انتشار : چاپ اول: دی ماه ۱۳۶۶  
کتاب در ۱۳۶ صفحه شامل چهار بخش  
همراه با پرسشهای چهار جوابی،  
پاسخ پرسشهای چهار جوابی و پیوستها.

بخش اول ، (جدول تناوبی عناصر).  
بخش دوم ، (فلزات اصلی).  
بخش سوم ، (کمپلکسها).  
بخش چهارم ، (شیمی فلزات واسطه سری اول).

تألیف : دکتر منصور عابدینی



نام کتاب : شیمی نافلزات و عناصر نیم رسانا  
ناشر : مؤسسه انتشارات فاطمی  
تاریخ انتشار: چاپ اول: آذرماه ۱۳۶۶  
کتاب در ۱۷۸ صفحه شامل شش  
بخش همراه با پرسشهای چهارجوابی  
و پاسخ پرسشهای چهار جوابی.

بخش اول ، (تیدروژن و اکسیژن).  
بخش دوم ، (هالوژنها).  
بخش سوم ، (نیتروژن، فسفر و گوگرد).  
بخش چهارم ، (کربن و ترکیبات معدنی آن).  
بخش پنجم ، (بیوند کووالانسی).  
بخش ششم ، (عناصر نیم رسانا).

تألیف : دکتر منصور عابدینی



روی جلد بر اساس آرایش بیست  
و جهی B<sub>۱۳</sub> طراحی شده است.

