

# آموزش شیمی

رشد

بیا ۱۰۰ ریال

سال هفتم - پاییز و زمستان ۱۳۶۹ - شماره مسلسل ۲۶-۲۵





رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



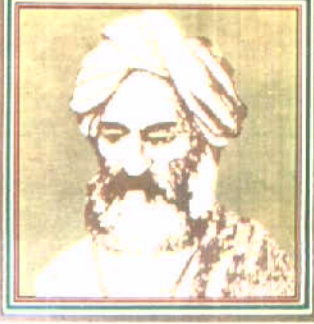
رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



رشاد آموزش شیمی



## دشدا آموزش شیمی

سال هفتم - پاییز و زمستان ۱۳۶۹ - شماره مسلسل ۲۶-۲۵  
نشریه گروه شیمی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی سازمان  
پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش

سر دبیر: سید رضا آقا پور مقدم

شورای نویسندگان:

دکتر حسین آقائی  
دکتر محمدرضا ملاردی  
دکتر مسعود روحی لادجانی  
حسام الدین امینی  
سید رضا آقا پور مقدم  
محمد باقر جلالی

صفحه آرا: علی نجمی

نشانی: تهران - صندوق پستی ۳۶۳ - ۱۵۸۵۵

لندن ۴ - ۸۳۹۲۲۲ داخلی ۴۲

مجله رشد آموزش شیمی هر سه ماه یک بار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش پژوهان در این رشته منتشر می شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزنده خود را به صندوق پستی تهران ۳۶۳ - ۱۵۸۵۵ ارسال فرمائید.

### فهرست

۳	سر دبیر	پیشگفتار جمع جبری
۱۰	دکتر محمدرضا ملاردی	آموزش شیمی
۱۹	دکتر منصور عابدینی	اکسیداسیون و احیا
۲۸	دکتر حسین آقائی	مروری بر چگونگی راه یافتن ...
۳۵	دکتر محمدحسین عزیزی	نقش سدیم در بدن آدمی
۳۹	محمد احمدیان	شیمی آتش بازی
۴۶	مهندس ناصر فرزانه	نار بیخه نشر رنگ
۴۸	سید جلال امیر آقایی	چگونگی تجسم عدد آووگادرو
		مروری بر نظریه اوربیتال مولکولی
۵۰	دکتر محمدرضا ملاردی	امتحان گزینش دانشجو
۶۱		پرسش و پاسخ
۶۴	حسام امینی	آبکاری
۶۸	جعفر شیخ الاسلام	آشنایی با کارخانه تولید آلومینیم اراک
۷۲	عباس زینلی	طرز تهیه هاوژنها
۷۶	لطیفی	آشنایی با کتاب و مجلات
۷۸		چهارمین المپیاد بین المللی شیمی
۷۹	دکتر علی سیدی	پنجمین المپیاد بین المللی شیمی
۷۴	دکتر علی سیدی	

بر اساس رای جلسه مورخ ۶۸/۸/۲۷ مرکز سیاستهای علمی و پژوهشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی، اعتبار علمی این نشریه «علمی و ترویجی» تعیین شده است.

روی جلد: تصویر (از گروه بلور Perovskites) به وسیله کامپیوتر رسم شده است که در آن ایتزیم (خاکستری)، باریم (سبز)، مس (آبی) و اکسیژن (برخ) نشان داده شده است.



## حاسبوا قبل ان تحاسبوا

امام علی (ع)

### کارنامه گروه شیمی

## جمع جبری

### هفتمین زادسال مجله رشد آموزش شیمی مبارک باد

به نام پروردگار، با سلام به پیشگاه حضرت ولی عصر (عج)، با یاد سالار شهیدان و معلم توحید حسین بن علی (ع) با درود به روان پاک بنیانگذار جمهوری اسلامی و شهیدان جهان اسلام و با سلام و دعا به همکاران و خوانندگان ارجمند، کارنامه گروه شیمی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی را در دهه اخیر به اختصار بررسی می کنیم.

عنوان کارهایی که پس از انقلاب شکوهمند اسلامی تا کنون در گروه شیمی این دفتر انجام گرفته اند، عبارتند از:

- ۱- تألیف و بررسی کتابهای شیمی
- ۲- مقاله های درج شده در مجله رشد آموزش شیمی
- ۳- برگزاری سخنرانیهای شیمی
- ۴- برگزاری دوره های کارآموزی و بازآموزی معلمان شیمی تهران و استانها
- ۵- شرکت در کنگره ها و سمینارهای وابسته به شیمی و تدارک برای شرکت در المپیاد شیمی.

کارها و برنامه هایی که در جریان است مانند تألیف کتابهای آموزشی جنبی، تهیه فیلمهای آموزشی، برنامه ریزی جدید برای تألیف کتابهای شیمی، پاسخگویی به نامه ها و بررسی برخی از

برسشهای شیمی. تفصیل برخی از بندهای بالا در صفحه‌های آمده است.

آنچه در توان داشتیم، تلاش کردیم، اما آنچه را که خوانستیم نتوانستیم بدان برسیم. امیدواریم که جمع جبری کارهای مثبت و منفی بالا، مثبت باشد و کارنامه گروه شیمی در پیشگاه خداوند مهربان پذیرفته شود.

پروردگارا به میزان بینش ما بیفرا زیرا اگر ناآگاهانه و بدون بینش، کاری را انجام دهیم، همچون کسی می‌شویم که از بی‌راهه می‌رود که سرعت سیروتند رفتن، نتیجه‌ای جز دوری از مقصد برایش نخواهد داشت. از همکاران محترم و علاقه‌مندان به شیمی، می‌خواهیم که برای ما نامه بنویسند. به پرسشنامه‌ها پاسخ دهند، راهنمایی کنند، لغزشها و نارساییها را یادآور شوند و عیبها را بگویند. به فرموده امام خمینی: «... نباید ماها گمان کنیم که هر چه می‌گوییم و می‌کنیم کسی را حق اشکال بر آن نیست، اشکال بلکه نخطئه یکی از مواهب الهی است...».

سعدی نیز در این باره چنین گفته است:

هر آن کسی که عیبش نگویند پیش

هر داند از جاهلی عیب خویش

از خدای مهربان می‌خواهیم به ما توفیق عنایت فرماید تا در انجام عبادات سرفراز و در خدمت به همکاران و علاقه‌مندان به

شیمی، بتوان باشیم، تا در برابر نسلهای کنونی و آینده شرمسار نشویم. امید است رحمت الهی شامل حال ما بشود. اکنون به تفصیل برخی از بندهای یاد شده در آغاز مقاله می‌پردازیم:

### ۱- تألیف و بررسی کتابها:

برخی از این کتابها عبارتند از:

- تألیف کتاب معلم شیمی سال اول (زیر چاپ)

- تألیف کتاب معلم شیمی سال دوم (زیر چاپ)

- تألیف کتاب معلم شیمی سال سوم (چاپ دوم این کتاب موجود است).

- تألیف کتاب معلم شیمی سال چهارم (چاپ دوم این کتاب موجود است).

- تألیف شیمی سال دوم مراکز تربیت معلم رشته علوم تجربی

- « » « » « » « » « » « »

- « دستور کار آزمایشگاهی

### ۲- مقاله‌ها:

در این شماره، فهرست موضوعی مقاله‌های ۲۴ شماره مجله رشد آموزش شیمی آمده است.

### - برخی از پیشگفتارها:

شماره مسلسل مجله	سال	نویسنده	موضوع
۱	اول	دکتر غلامعلی حداد عادل	● اهداف رشد آموزش شیمی
۱	اول	ک. مهربان	● ارزشیابی هدفدار
۱۲	سوم	سید رضا آقا پور مقدم	● کنگره شیمی و مهندسی شیمی ایران ۱۶ تا ۱۹ شهریور، دانشگاه فردوسی مشهد
۱۶	چهارم	گروه برنامه ریزی آموزشی شیمی دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی	● آیا طرح نکات فنی برنامه ریزی درسی در روزنامه همگانی گره گشای مسایل است: یک مثال موردی ...
۱۹	پنجم	سید رضا آقا پور مقدم	● سخنی با همکاران ارجمند
۲۲	ششم	سید رضا آقا پور مقدم	● نقش و اهمیت تاریخ علم شیمی در آموزش شیمی
۲۲	ششم	گروه شیمی	● سخنی با خوانندگان

- گفتگوها:

شماره مسلسل مجله	سال	عنوان شغلی	نام
۱	اول	دانشیار دانشگاه تربیت معلم	دکتر حسین آقائی
۵	دوم	» » » »	دکتر محمدرضا ملاردی
۹	سوم	سرپرست گروه شیمی دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان و افراسیاب ابراهیم پور دبیر شیمی استان گیلان	دکتر مهندس اسفندیار عزیزاده با افراسیاب ابراهیم پور
۱۰	سوم	مدرس تربیت معلم	حسام امینی
۱۵	چهارم	دانشیار دانشگاه تربیت معلم	دکتر هوشنگ اسلامی

- برنامه ریزی آموزشی، تألیف کتب درسی شیمی

شماره مسلسل	سال	نویسنده	موضوع
۱	۶۳	مرتضی خلخالی	چه نوع آموزش علوم در جهت آرمان خود کفایی تکنولوژی کشور است؟
۲ و ۳	۶۴	علی اکبر نوروزی	کتابهای شیمی چگونه تألیف، تغییر و اصلاح می شوند؟
۸	۶۵	مرتضی خلخالی	از هدفهای آرمانی تعلیم و تربیت تا هدفهای آموزش شیمی
۹	۶۵	»	هدفهای آموزشی و اصول ارزشیابی در آموزش شیمی
۱۰	۶۵	»	هدفهای آموزشی و اصول ارزشیابی در آموزش شیمی
۱۱	۶۶	گروه برنامه ریزی آموزشی شیمی دفتر برنامه ریزی و تألیف	زنگ خطر
۲۲	۶۸	دکتر محمدرضا ملاردی	خط مشی های آموزش شیمی

- آشنایی با استادان و معلمان

شماره مسلسل	سال	نام
۱	۶۳	دکتر حسین آقائی
۵	۶۴	دکتر محمدرضا ملاردی
۸	۶۴	علی اکبر نوروزی
۹	۶۵	دکتر مهندس اسفندیار علیزاده
۱۰	۶۵	حسام امینی
۱۵	۶۷	سلیم حاجی میرزا
۱۵	۶۷	دکتر منصور عابدینی
۱۵	۶۷	دکتر هوشنگ اسلامی
۲۰	۶۸	دکتر حسین آقابزرگ
۲۳	۶۹	غلامحسین لطیفی
۲۳	۶۹	آرمان طاهرپور

فرزان، سال ششم، شماره ۲۳

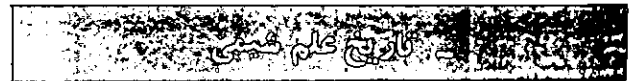
- فارابی، محمد؛ سید رضا آقا پورمقدم، سال سوم، شماره ۶
- گردشهای از زمینههای تاریخی علم شیمی، دکتر محمدرضا ملاردی، سال چهارم، شماره ۱۶
- مارسلن، پیراژن، سید رضا آقا پورمقدم، سال پنجم، شماره ۲۰
- مندلیف، سید رضا آقا پورمقدم، سال سوم، شماره ۹
- نظریه ولوژیستون در... سید رضا آقا پورمقدم، سال چهارم، شماره ۱۵
- نقش و اهمیت تاریخ علم شیمی، سید رضا آقا پورمقدم، سال ششم، شماره ۲۲
- نوبل، آلفرد برنارد، دکتر محمدرضا ملاردی، سال سوم، شماره ۱۲



- «ایزومری نوری»، دکتر علی سیدی، سال دوم، شماره ۷
- «برخورد نور با روند عکاسی»، دکتر علی سیدی، سال سوم، شماره ۹
- تعیین ساختار ترکیبات آلی به روش طیفسنجی»، دکتر محمد رؤف درویش، سال پنجم، شماره ۱۹
- کاربرد لیزر در مسایل شیمی»، دکتر اسماعیل ساعی، سال چهارم، شماره ۱۶
- «بانی طیفسنجی مولکولی». دکتر قاسم خدادادی، سال سوم، شماره ۹
- «مطالعه‌ای در زمینه نور شیمی (فوتوشیمی)». دکتر قاسم خدادادی، سال دوم، شماره ۵
- «چرا بسیاری از مواد رنگی اند» دکتر محمدرضا ملاردی، سال ششم، شماره ۲۴



- «کاربرد مهم ایزوتوپها و مواد رادیو اکتیو»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال اول، شماره ۱
- «نکاتی در زمینه شیمی هسته‌ای»، علی اکبر نوروزی، سال اول، شماره‌های ۲۰۱
- «پژوهشی درباره مراکز صفر کولمبی»، آرمان طاهرپور، سال ششم، شماره ۲۳



- ابن سینا، فیلسوف و پزشک جهان اسلام، سیدرضا آقا پورمقدم، سال اول شماره‌های ۳ و ۴
- ابارین، آلکساندر ایوانوویچ، عبدالله ارگانی، سال ششم، شماره ۲۲
- برسلیوس، سیدرضا آقا پورمقدم، سال دوم، شماره ۷
- بیرونی، ابوریحان، سید رضا آقا پورمقدم، سال دوم، شماره ۵
- برودین، آلکساندر، دکتر عیسی یساری، سال چهارم، شماره ۱۵
- پاستور، لویی، سید رضا آقا پورمقدم، شماره ۱۰
- پرینسپی، سید رضا آقا پورمقدم، سال چهارم شماره ۱۳
- تاریخچه و چگونگی کشف بعضی از عناصر و کاربرد آنها، علی اکبر نوروزی، سال اول، شماره ۳ و ۴
- جابر ابن حیان، سید رضا آقا پورمقدم، سال اول، شماره ۱
- دالتون، جان، سید رضا آقا پورمقدم، سال سوم، شماره ۸
- رازی، جالینوس جهان اسلام، سید رضا آقا پورمقدم، سال اول، شماره ۲
- سیری در تاریخ تحول دانش و صنعت رنگ، مهندس ناصر

- «خواص بنیادی اتم»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال سوم، سال چهارم، شماره‌های ۱۵ و ۱۱ و ۱۳
- «ماده و ضد ماده»، دکتر حسین آقائسی، سال چهارم، شماره ۱۵
- «مفهوم شعاع یونی»، مرتضی خلخالی، سال سوم، شماره ۱۲
- «سروری بر مبانی نظریه اوربیتال مواکوالسی»، دکتر محمدرضا ملاردی سال ششم، شماره ۲۳

### شیمی آلی

- «آشنایی با شیمی پلیمرها»، دکتر علی پورجوادی، سال سوم، شماره ۱۱
- «الیاف سنتزی»، دکتر علی پورجوادی، سال سوم و چهارم، شماره‌های ۱۵ و ۱۳
- «لاستیکهای سنتزی، دکتر علی پورجوادی، سال دوم، شماره ۸
- «سیلیکونها، دکتر علی پورجوادی، سال دوم شماره ۶

### شیمی آلی

- «الکیلاسیون فریدل - کرافتس»، دکتر علی سیدی، سال اول، شماره ۳ و ۴
- «ایزومری در شیمی آلی»، دکتر علی سیدی، سال دوم، شماره‌های ۵ و ۶
- «ایزومری سیس و ترانس»، دکتر علی سیدی، سال چهارم، شماره ۱۵
- «بررسی خواص اسیدی ترکیبهای استیلنی حقیقی»، رجب افشارچی، سال چهارم، شماره ۱۶
- «بنزین (۱، ۲-دی هیدروبنزن)، حسن لاریجانی»، سال چهارم، شماره ۱۶
- «مکانیسم واکنشهای نیتراسیون»، دکتر علی سیدی، سال اول، شماره ۲
- «منابع آلکانها»، آذر نیازی، منیژه سلمانزاده، سال پنجم، شماره ۱۹
- «مواد منفجره»، سید جلال امیرآقایی، سال چهارم، شماره ۱۷ و ۱۸

- «نامگذاری ترکیبات آلی»، دکتر علی سیدی، سالهای چهارم و پنجم، شماره‌های ۱۳ و ۱۶ و ۲۵
- «مکانیسم SRN راهی در جهت...» دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال ششم شماره ۲۴

### شیمی و سمی پزشکی

- «اثرات رنگهای خوراکی مصنوعی بر بدن»، محسن انتظاری مقدم، سال سوم، شماره ۱۵
- «آندروفینها»، مهندس هوشنگ گودرزی، سال چهارم، شماره ۱۷ و ۱۸
- «آنزیم شناسی کاربردی»، دکتر محمدحسین عزیزی، سال چهارم، شماره ۱۷ و ۱۸
- «انسان تا چه اندازه به اسیدهای چرب نیاز دارد؟»، دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال اول، شماره ۱
- «بیوگاز چیست و دارای چه خصوصیتی است»، دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال اول، شماره ۲
- «تکنیک ساختمان هضم کننده بیوگاز در مناطق روستایی»، دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال اول، شماره ۳ و ۴
- «شیمی زندگی»، دکتر علی سیدی، سال چهارم، شماره ۱۳
- «گندزداها و ضد عفونی کننده‌ها» دکتر محمدحسین عزیزی، سال چهارم شماره ۱۷ و ۱۸
- «کلتروال»، دکتر خیرالنساء محرزخامسی، سال سوم، شماره ۱۲
- «مطالعه آزریمها»، دکتر کسریم زارع، سال سوم و چهارم، شماره‌های ۱۲ و ۱۳
- «زنبورهای پلی استرساز»، محمدباقر جلالی، سال چهارم، شماره ۱۶
- «واکنشهای بیوشیمیایی انرژی زا»، دکتر حسین آقائسی، سال چهارم، شماره ۱۴
- «نیگوتین؟»، سید رضا آقا پورمقدم، سال ششم، شماره ۲۳
- «شیمی در خدمت پزشکی»، آرمان طاهرپور، سال چهارم، شماره ۱۶
- «مسمومیت با وجود مصرف غذای سالم» دکتر قهرمان شمس،

سال ششم شماره ۲۴

- «برخی از ویژگیهای عسل» دکتر محمدحسین عزیزی، سال ششم شماره ۲۴
- «نیتروزن و موجودات زنده» دکتر احمد نصیراحمدی، سال ششم شماره ۲۴

شیمی

- «آب و برخی از ویژگیهای آن» عباس صادقی، سال چهارم، شماره ۱۳
- «اثرات بارانهای اسیدی بر بناهای تاریخی سنگی»، دکتر مهران غیاثی، سال چهارم، شماره ۱۵
- «اثرات متقابل غیر کووالان»، دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال سوم شماره ۱۱ و ۱۲
- «ارتباط پیوند شیمیایی با انحلال مواد در حلالها»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال اول، شماره‌های ۳ و ۴
- «ارتباط خواص فیزیکی مواد با پیوندهای شیمیایی»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال دوم، شماره ۵
- «استخراج فلزات»، دکتر منصور عابدینی، سال سوم، شماره ۹
- «آشنایی با منیزیم و کاربرد آن»، دکتر هوشنگ اسلامی، سال پنجم، شماره ۲۵
- «الکترولیت قوی کدام است»، دکتر منصور عابدینی، سال پنجم، شماره ۱۹
- «آنیونهای فلزهای قلبایی»، دکتر منصور عابدینی، سال پنجم، شماره ۲۵
- «پالایش شیمیایی آب»، مهندس هوشنگ گودرزی، سال سوم، شماره ۹
- «پتانسیل یونیزاسیون بیسموت از سرب کمتر است، چرا؟»، دکتر منصور عابدینی، سال سوم، شماره ۱۲
- «پیشگویی شکل فضایی مولکولها بر اساس دافعه زوج الکترونیهای والانس»، دکتر منصور عابدینی، سال اول، شماره ۲
- «پیوندهای بین مولکولی»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال

اول، شماره ۲

- «پیوند شیمیایی»، دکتر منصور عابدینی، سال چهارم، شماره ۱۷ و ۱۸
- «پیوند در مولکول آب»، دکتر منصور عابدینی، سال چهارم، شماره ۱۳
- «تجزیه الکتریکی آب»، سید جلال امیرآذابی، سال پنجم، شماره ۱۹
- «ترکیبات بین هالوژنی»، عبدالله جهانتاب، سال ششم، شماره ۲۳
- «جدول تناوبی عناصر»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال سوم، شماره ۹
- «چگونه می‌توان فرمول ساختمان لوئیس را نوشت»، دکتر مسعود روحی لاریجانی، سال دوم، شماره ۸
- «چند مطلب درباره فلزات واسطه»، دکتر منصور عابدینی، سال چهارم، شماره ۱۴
- «راههای تثبیت دی‌نیتروزن»، دکتر منصور عابدینی، سال دوم، شماره ۸
- «سنتر شیمیایی عنصر فلورور»، دکتر علی‌اکبر سودی، سال سوم، شماره ۱۱
- «شناساگرهای خوراکی برای اسید و باز»، دکتر عیسی یآوری، سال چهارم، شماره ۱۴
- «شیوه ساده برای تعیین عدد اکسایش اتمها»، محمد احمدیان، سال پنجم، شماره ۲
- «فلزات (خواص شیمیایی)»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال دوم، شماره‌های ۷ و ۸
- «فلزات» دکتر حسین آقائی، سال دوم، شماره ۶
- «کمپلکسهای فلزات واسطه»، دکتر منصور عابدینی، سال سوم، شماره ۱۱
- «مروری بر خواص برخی از اجسام آبدار»، دکتر حسین آقائی، سال سوم، شماره ۱۱
- «مروری بر مفاهیم ظرفیت و عدد اکسایش عناصر»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال چهارم، شماره ۱۴
- «نامگذاری ترکیبات معدنی بر اساس قانون ایوپاک»، دکتر محمدرضا ملاردی، سال پنجم، شماره‌های ۱۹ و ۲۵
- «اکسیدهای نیتروزن آلوده‌کننده هوا» دکتر منصور عابدینی، سال ششم شماره ۲۴



### شیمی صنعتی

- «آشنایی با تصفیه‌خانه سازمان آب تهران»، سید رضا آقاپورمقدم، سال اول، شماره ۱
- «آشنایی با سازمان صنایع چوب و کاغذ ایران - چوکا»، سید رضا آقاپورمقدم، سال دوم، شماره ۵
- «آشنایی با شرکت ملی فولاد ایران»، سید رضا آقاپورمقدم، سال اول، شماره‌های ۲، ۳ و ۴
- «آشنایی با صنعت نفت ایران»، سید رضا آقاپورمقدم، سال دوم، شماره ۸
- «آشنایی با شرکت صنایع آموزشی»، سید رضا آقاپورمقدم، سال سوم، شماره ۱۲
- «آشنایی با کارخانه سنگ کوبی»، ابوطالب عبدالشاه، سال چهارم، شماره ۱۴
- «آشنایی با کارخانه سیمان»، عبدالله جهانباب، سال چهارم، شماره ۱۵
- «آشنایی با کارخانه صابون‌سازی شقایق خرم‌آباد»، محمدرضا امیدواری، سال ششم، شماره ۲۳
- «خشکشویی، لک بری»، محسن انتظاری‌مقدم، سال چهارم، شماره ۱۵
- «سرکه‌سازی»، مرتضی نیکپور، سال دوم، شماره ۸
- «شیمی تبر»، دکتر علی سیدی، سال پنجم، شماره ۱۹
- «قند سازی»، مرتضی نیکپور، سال سوم و چهارم، شماره‌های ۱۲ و ۱۳
- «مطالعه کاتالیزورها و مکانیسم تأثیر آنها»، دکتر کریم زارع، سال سوم، شماره ۱۱
- «نقش ترکیبات آلی فلزی در صنایع شیمیایی»، دکتر منصور عابدینی، سال‌های سوم و چهارم، شماره‌های ۱۵ و ۱۶

### الکترو شیمی

- «اطلاعات کلی پیرامون سلول‌های الکتروشیمیایی»، دکتر حسین آقائی، سال اول، شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴
- «الکتروشیمی سیستم روی - اکسید نقره»، دکتر حسین آقائی، سال ششم، شماره ۲۳

- «خوردگی الکتروشیمیایی فلزات و راه‌های جلوگیری از آن»، دکتر هوشنگ اسلامی، سال چهارم، شماره ۱۶
- «گفتگوی کوتاهی پیرامون الکترولیز آب»، دکتر حسین آقائی، سال دوم، شماره ۶

### شیمی عمومی

- «پیشگویی جهت جابه‌جا شدن تعادل شیمیایی از روی انرژی آزاد و تناقض ظاهری آن با اصل لوشاتلیه»، دکتر حسین آقائی، سال ششم، شماره ۲۲
- «حالت گذار به درستی یعنی چه؟»، دکتر حسین آقائی، سال پنجم، شماره ۱۹
- «سینتیک شیمیایی و تعادل شیمیایی»، دکتر حسین آقائی، سال‌های دوم و سوم، شماره‌های ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰
- «مروری بر خواص سیستم‌های کلوئیدی»، دکتر حسین آقائی، سال سوم، شماره ۱۵
- «مروری بر چگونگی راه یافتن اندازه‌گیری ...»، دکتر حسین آقائی

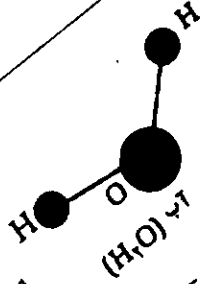
### آزمایشگاه کارآزمایشگاهی

- «آزمایش کوه آتشفشان»، غلامحسین لطیفی، سال ششم، شماره ۲۳
- «چوب‌بنه سوراخ‌کن»، م. ی. نوروزیان، سال چهارم، شماره ۱۳
- «دستور ساخت سلسله وسایل آزمایشگاهی»، م. ی. نوروزیان، سال‌های سوم و چهارم، شماره‌های ۱۵ و ۱۴ و ۱۲ و ۱۸ و ۱۷
- «سه پایه آزمایشگاهی»، م. ی. نوروزیان، سال سوم، شماره ۱۱
- «کارآزمایشگاهی»، منوچهر دانشمند، سال‌های اول و دوم، شماره‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۷
- «کارآزمایشگاهی»، خلیل علمی غیائی، سال چهارم، شماره‌های ۱۳ و ۱۵ و ۱۷ و ۱۸
- «شیمی در رنگ آمیزی تجم مرغ»، دکتر عیسی یاوری، سال چهارم، شماره ۱۳
- «کروماتوگرافی»، دکتر قاضی مقدم، سال سوم، شماره ۹
- «آزمایش با کلرید آلح (II)»، ثریا حق برمت فروچی

بقیه در صفحه ۹۲

فرمول ساختاری (Structural formula)، طرحی برای ساختار مولکولها و یونها، مبتنی برقاعده هشتایی لوئیس (Lewis octet rule) است. از این رو، به ساختار لوئیس (Lewis structure) موسوم است و در منابع جدید از آن بنام «ساختار پیونده ظرفیت» (Valence Bond Structure = VBS) به ویژه در مورد گونه‌های پیچیده‌تر نام می‌برند.

ساختار لوئیس در واقع، مدلی برای ساختار یک گونه شیمیایی است که چگونگی توزیع الکترونها را در آن گونه، خواه به صورت جفت الکترونها (پیوندی (BP) مستقر بین اتمهای متصل به یکدیگر و خواه به صورت جفت الکترونها غیر پیوندی (یا جفتهای تنها، LP) مستقر بر روی یک اتم نشان می‌دهد. اهمیت این مدل در کمک به آموزش ساختار گونه‌های شیمیایی و نیز دشواریهای ارائه یک چنین مدل ساده و فراگیر، برکسی پوشیده نیست. در واقع ساختار لوئیس مولکولها و یونها، توانایی و مهارتی است که انتظار داریم هر دانش‌آموز دبیرستانی و یا دانشجویی که درس شیمی عمومی را می‌گذراند، بتواند به دست آورد. کسب چنین مهارت و نیز توانایی در درک مفهوم و محاسبه بار قراردادی (Formal charge) آنها در یک ساختار لوئیس مولکولها یا یونها، چند اتمی، کمک می‌کند تا بتوان بسیاری از خواص آن گونه‌ها، از جمله ساختار هندسی، فعالیت شیمیایی، خواص مغناطیسی و غیره را پیش‌بینی کرد. این توانایی، خود پایه‌ای برای درک بهتر مفهومهای پیچیده‌تری مانند ایزومری رزونانس و غیره خواهد بود. با وجود اهمیت زیاد این مسأله در زمینه آموزش شیمی، در کتابهای درسی دوره دبیرستان و حتی در کتابهای شیمی عمومی که برای سال اول دانشگاه نوشته می‌شوند، مدل یا قاعده ساده‌ای که برای معرفی و آموزش ساختار لوئیس مفید باشد، ارائه نمی‌شود. شاید بتوان گفت که تکیه و تأکید بیش از حد در ارائه آموزش و توسعه نظریه‌های جدید از جمله توصیف موجی اتم و نظریه اوربیتال مولکولی (Molecular orbital theory) موجب شده است که مسأله ساختار و شکل هندسی مولکولی (Molecular geometry) از نظرها دور بماند و توجهی

H<sub>2</sub>O(H<sub>2</sub>O) Lewis

# آموزش شیمی

چگونه فرمول ساختاری (یا ساختار لوئیس) مولکولها و یونها را آموزش دهیم؟

قسمت اول

دکتر محمدرضا ملاردی  
دانشیار دانشگاه کریمت معلم

در خور، به آن معطوف نشود. این نقص منطقی در فرایند آموزش شیمی، برای دانش آموزان و دانشجویان رشته شیمی دشواریهایی را بویژه در مورد رسم ساختار پیوند ظرفیت گونه‌های چند اتمی به وجود آورده است. از آنجایی که دشواریهای ارائه یک مدل ساده و فراگیر برای آموزش ساختار لوئیس بر کسی پوشیده نیست، در چند سال اخیر، نظر ها و مدل‌هایی توسط پژوهشگران در این زمینه ارائه شده است و در آنها کوشش به عمل آمده است تا طرز ترسیم ساختار لوئیس و اهمیت آشنایی با این ساختار نشان داده شود و احیاناً، دشواریهایی که این آشنایی (به دلیل کمبود قاعده‌های ساده که کاربرد آنها آسان باشد) برای دانش آموزان به وجود می‌آورد، مشخص شود.

بررسیهایی که تاکنون انجام گرفته است نشان می‌دهد که به طور کلی، ضعف دانش آموزان و دانشجویان شیمی را در زمینه ترسیم و فراگیری ساختار لوئیس گونه‌ها، می‌توان به صورت زیر جمع‌بندی کرد:

۱- غالب دانش آموزان، تنها می‌توانند ساختار لوئیس مولکول‌های ساده‌ای را درک و رسم کنند که دارای پیوند چندگانه نباشند و اتم مرکزی آنها از قاعده هشتایی لوئیس پیروی کنند.

۲- معمولاً دانش آموزان نمی‌توانند به روشنی اتم مرکزی را در یک گونه چند اتمی تشخیص دهند.

۳- یکی از دشواریها، زمانی پیش می‌آید که در مولکول یا یون، پیوند چندگانه وجود داشته باشد. مورد‌های فراوانی پیش می‌آید که تعداد پیوندها از آنچه که برای رسیدن اتم مرکزی به آرایش هشت الکترونی لازم است، کمتر است. یعنی با گونه‌هایی سروکار پیدا می‌کنیم که اتم مرکزی در آنها کمبود الکترون (Electron deficiency) دارد. این نوع گونه‌ها را، گونه‌های دارای کمبود الکترون می‌نامیم.

۴- گاهی دانش آموزان نمی‌توانند، تعداد الکترونی را که به آنیونها یا کاتیونها نسبت داده می‌شود، به درستی تشخیص دهند.

۵- در بسیاری از مورد‌ها، تعداد پیوندهایی که می‌تواند تشکیل شود، بیش از آن حدی است که برای رسیدن اتم مرکزی به آرایش هشت الکترونی لازم است، در این مورد‌ها، غالباً رسم ساختار پیوند ظرفیت گونه‌ها، برای دانش آموزان دشوار به نظر می‌آید.

۶- دانش آموزان درباره بار مؤثر هسته

بدیهی است به تدریج که با گونه‌های پیچیده‌تر سروکار پیدا می‌کنیم، ساختار لوئیس، یعنی رعایت قاعده هشتایی کافی نیست؛ بویژه در مورد گونه‌هایی که اتم مرکزی آنها از عنصرهای دوره سوم به بعد باشد که تراز  $d$  لایه خارجی آنها نیز می‌تواند در فعالیت شیمیایی آنها شرکت داشته باشد و موجب شود که قاعده هشتایی نقض شود (تعداد الکترونی لایه ظرفیت اتم مرکزی از هشت تجاوز کند). در این مورد‌ها - به طوری که مورد بررسی قرار خواهیم داد، اگر چه می‌توان برای رعایت قاعده هشتایی، یک یا چند پیوند را از نوع  $d$  اتمی در نظر گرفت اما این فرض موجب می‌شود اتم مرکزی و یک یا چند اتم لیگاند، دارای بار قراردادی شوند که ممکن است با خواص مشاهده شده برای گونه مورد بررسی، مطابقت کامل نداشته باشد (امکان تشکیل پیوند  $d$  اتمی را از طریق محاسبه بار قراردادی آنها که بعد به آن اشاره خواهد شد می‌توان دریافت). از این رو، در مورد این گونه‌ها، برای حذف بار قراردادی آنها می‌توان قاعده هشتایی را کنار گذاشت و امکان تشکیل پیوند دوگانه و ساختارهای رزونانسی (Resonance structures) را در نظر گرفت و ساختار پیوند ظرفیت گونه را به صورت هیبرید رزونانس (Resonance hybrid) از آن ساختارها به تصویر درآورد. و از این راه، دشواریهای موجود در امر یادگیری و

آموزش ساختار پیوند ظرفیت را از میان برداشت.

پس از این توضیحات، ابتدا مرحله‌های متمایز و سیستماتیکی را که باید برای رسیدن به ساختار لوئیس گونه‌های ساده‌تر در نظر گرفت مورد بررسی قرار می‌دهیم سپس این مرحله‌ها را در مورد چند گونه ساده برای رسم ساختار لوئیس آنها، پیاده می‌کنیم. آنگاه، مرحله‌هایی را که در مورد گونه‌های پیچیده‌تر باید در نظر گرفت، معرفی کرده و با توجه به نکات تازه، از جمله محاسبه بار قراردادی آنها و امکان تشکیل پیوند دوگانه، این بحث را کامل می‌کنیم. سرانجام این بحث تکمیلی را با آوردن چند مثال از گونه‌های پیچیده‌تر و تعیین ساختار پیوند ظرفیت آنها به پایان می‌بریم.

### مرحله چهارم

تعیین اتم مرکزی (Central atom)، یعنی اتمی که در گونه مورد نظر بیشترین پیوندها را تشکیل می‌دهد. مثلاً در گونه‌های  $AB_x$ ، A اتم مرکزی است. البته در گونه‌های دو اتمی، معمولاً اتمی را که الکترونگاتیوی کمتری دارد، اتم مرکزی در نظر می‌گیرند. مثلاً در CO، کربن اتم مرکزی محسوب می‌شود.

معمولاً در ساختار لوئیس هر گونه شیمیایی، اتم مرکزی را در مرکز و الکترونها را پیوندی و اتمهای لیگاند را در اطراف آن در نظر می‌گیرند.

### مرحله پنجم

محاسبه تعداد الکترونها را پیوندی که برای تشکیل پیوندهای کووالانسی سیگما بین اتم مرکزی و اتمهای لیگاند لازم است ( $n_\sigma$ ) که در گونه  $AB_x$ ، از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$n_\sigma = 2x \quad (2)$$

### مرحله ششم

رسم چارچوب پیوندی سیگما (Sigma framework). برای این منظور، می‌توان هر پیوند سیگما را با دو نقطه (که هر نقطه معرف یک الکترون است، مدل نقطه‌ای پیوند کووالانسی) بین اتم مرکزی و هر اتم لیگاند و یا به صورت یک خط واصل (-) که معرف یک جفت الکترون پیوندی (مدل ساختاری) بین اتم مرکزی و هر اتم لیگاند است، نشان داد.

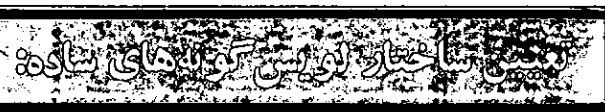
### مرحله هفتم

محاسبه تعداد الکترونها  $n_\pi$  و تعداد پیوندهای  $\pi$  که از رابطه (۳) قابل محاسبه است:

$$n_\pi = n_b - n_\sigma \quad (3)$$

$$\pi = \frac{n_\pi}{2}$$

هر پیوند  $\pi$  را نیز با یک خط واصل (-) به موازات خط



## ۱) بررسی مراحل

### مرحله اول:

محاسبه تعداد کل الکترونها را به ظرفیت اتمهای تشکیل دهنده گونه مورد بررسی ( $n_v$ ).

بدیهی است که اگر گونه مورد نظر یک کاتیون باشد، باید به تعداد هر واحد بار مثبت آن، یک واحد از  $n_v$  کم و چنانچه یک آنیون باشد، باید به تعداد هر واحد بار منفی آن، یک واحد به  $n_v$  اضافه کرد.

### مرحله دوم

محاسبه تعداد الکترونها لازم برای اینکه، همه اتمها (اتم مرکزی و اتمهای متصل به آن یا اتمهای لیگاند) دارای هشت الکترون شوند ( $n_{oct}$ ).

### مرحله سوم

محاسبه تعداد الکترونها مشترک (Shared electrons) یا الکترونها پیوندی (Bonding electrons) که برای تشکیل پیوندهای کووالانسی بین اتم مرکزی و همه اتمهای لیگاند لازم است ( $n_b$ ) که از رابطه (۱) قابل محاسبه است:

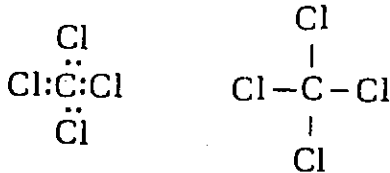
$$n_b = n_{oct} - n_v \quad (1)$$

۵) محاسبه تعداد الکترونهاى پیوندی  $\sigma$   
چون اتم مرکزی با چهار اتم دیگر باید پیوند سیگما  
تشکیل دهد، داریم:

$$n_{\sigma} = 4 \times 2 = 8$$

۶) رسم چارچوب پیوندی سیگما

چهار پیوند  $\sigma$  بین اتم مرکزی و اتمهای لیگاند را می توان  
به دو صورت زیر، نشان داد:



(مدل الکترون - نقطه) (مدل ساختاری)

۷) محاسبه تعداد الکترونهاى  $\pi$  و تعداد پیوندهای  $\pi$   
با استفاده از رابطه (۳) داریم:

$$n_{\pi} = 8 - 8 = 0$$

یعنی بین اتمها در این ترکیب، پیوند  $\pi$  تشکیل نمی شود. پس  
چارچوب پیوندی سیگما، چارچوب کامل پیوندی مولکول  
است.

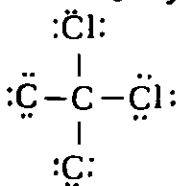
۸) تعیین تعداد الکترونهاى غیر پیوندی

با استفاده از رابطه (۴)، داریم:

$$n_{lp} = 32 - 8 = 24$$

۹) توزیع الکترونهاى غیر پیوندی بین اتمها

چون لایه ظرفیت اتم مرکزی (یعنی C) در این ترکیب  
دارای هشت الکترون است و هر چهار اتم کلر متصل به آن  
وضعیت کاملاً یکسان دارند، یعنی در مرحله تشکیل پیوند  
سیگما برای لایه ظرفیت هر يك از آنها دو الکترون منظور  
می شود، پس ۲۴ الکترون غیر پیوندی را باید به تساوی بین  
آنها توزیع کرد که به هر کدام  $6 = 24 : 4$  الکترون می رسد  
که مانند الکترونهاى پیوندی، هر جفت آنها را می توان با  
علامت  $\cdot$  نشان داد. از این رو، ساختار لوویس  $\text{CCl}_4$  را  
می توان به صورت زیر نشان داد:



پیوندی  $\sigma$  بین اتم مرکزی و اتمی که در تشکیل آن پیوند  $\pi$   
شرکت دارد، می توان نشان داد.

مرحله هشتم

محاسبه تعداد الکترونهاى غیر پیوندی ( $n_{lp}$ ) در لایه  
ظرفیت اتم مرکزی و اتمهای لیگاند که از رابطه (۲) قابل  
محاسبه است:

$$n_{lp} = n_v - n_b \quad (2)$$

مرحله نهم

توزیع منطقی الکترونهاى غیر پیوندی بین اتمهای لیگاند  
و اتم مرکزی، به تریبی که تعداد الکترونهاى لایه ظرفیت هر يك  
از آنها به هشت برسد.

برای روشن تر شدن آنچه گفته شد، کاربرد این روش را  
در مورد تعیین ساختار لوویس چهار گونه شیمیایی متداول،  
به شرح زیر، مورد بررسی قرار می دهیم:

نمونه اول - مولکول تتراکلرید کربن:  $\text{CCl}_4$

۱) محاسبه تعداد کل الکترونهاى لایه ظرفیت اتمها:

$$n_v = 4 \times 7 + 1 \times 4 = 32$$

(۴Cl) (۱C)

۲) محاسبه تعداد الکترونهاى لازم برای هشتایی شدن اتمها

چون در مجموع، پنج اتم داریم، می توان نوشت:

$$n_{(\text{oct})} = 5 \times 8 = 40$$

۳) محاسبه تعداد الکترونهاى پیوندی

با استفاده از رابطه ۱، داریم:

$$n_b = 40 - 32 = 8$$

۴) تعیین اتم مرکزی

چون تعداد اتمهای Cl بیشتر است و تنها يك اتم کربن  
داریم که باید با چهار اتم کلر پیوند برقرار کند، پس اتم کربن  
بیشترین تعداد پیوندها را در این ترکیب تشکیل می دهد و اتم  
مرکزی است.



## نمونه دوم - مولکول دی اکسید کربن: CO<sub>2</sub>

(۱) محاسبه تعداد کل الکترونهای لایه ظرفیت آنها

$$n_v = 1 \times 2 + 2 \times 6 = 14$$

(۱C) (۲O)

(۲) محاسبه تعداد الکترونهای لازم برای هشتایی شدن آنها

چون در مجموع سه اتم داریم، می توان نوشت:

$$n_{(oct)} = 3 \times 8 = 24$$

(۳) تعیین اتم مرکزی

چون در مولکول این ترکیب، يك اتم کربن و دو اتم اکسیژن شرکت دارد و هر اتم کربن باید با دو اتم اکسیژن پیوند تشکیل دهد، پس بیشترین تعداد پیوندها به آن مربوط است و از این رو، اتم کربن، اتم مرکزی در این ترکیب محسوب می شود.

(۴) محاسبه تعداد الکترونهای پیوندی

بر اساس رابطه (۱)، داریم:

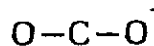
$$n_b = 24 - 14 = 10$$

(۵) محاسبه تعداد الکترونهای سیگما

چون اتم مرکزی با هر اتم اکسیژن يك پیوند سیگما تشکیل می دهد، پس تعداد الکترونهایی که در تشکیل پیوند سیگما شرکت می کند، برابر است با:

$$n_\sigma = 2 \times 2 = 4$$

(۶) رسم چارچوب پیوندی سیگما



(۷) محاسبه تعداد الکترونهای  $\pi$  و تعداد پیوندهای  $\pi$

با استفاده از رابطه ۳، داریم:

$$n_\pi = 10 - 4 = 6$$

$$\pi = \frac{6}{2} = 3$$

این دو پیوند  $\pi$  را می توان به دو صورت زیر، یعنی به طور متقارن و یا نامتقارن بین اتم کربن و اتمهای اکسیژن توزیع کرد:



(توزیع نامتقارن) (توزیع متقارن)

(I) (II)

اما ساختار نامتقارن II دارای انرژی بالا و ناپایدار است. زیرا در آن اکسیژن دارای بار قراردادی ۱- است و اما ساختار متقارن I در سطح انرژی بسیار پایین تر قرار دارد و بسیار پایدار است (به دلیل اینکه بار قراردادی آنها در آن صفر است) از این رو، باید، چارچوب پیوندی O=C=O را برای این مولکول انتخاب کرد.

توجه ۱

اصولاً برای اینکه اتمهای گروههای جدول تناوبی در ترکیبهای خود بار قراردادی پیدا نکنند، باید تعداد الکترونهای پیوندی و غیر پیوندی آنها با دادههای جدول (۱) مطابقت داشته باشد:

جدول ۱

شماره گروه	IV	V	VI	VII
$n_\sigma$	۴	۳	۲	۱
$n_{ip}$	۰	۱	۲	۳

هر گاه، تعداد جفت الکترونهای پیوندی ( $\sigma$  یا  $\pi$ ) يك واحد از عدد داده شده در جدول بالا بیشتر باشد، برای اتم بار قراردادی ۱- و چنانچه ۲ واحد از آن بزرگتر باشد، برای اتم بار قراردادی ۲- و اگر يك واحد از آن کمتر باشد، برای اتم بار قراردادی ۱- را باید در نظر گرفت. بر اساس الکترونگاتیوی، زمانی ساختار لوویس پایدارتر است که بار قراردادی منفی روی اتم الکترونگاتیو و بار قراردادی مثبت روی اتم الکتروپوزیتیو قرار گیرد.

توجه ۲

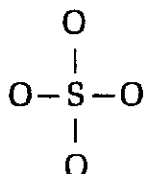
همان طور که قبلاً اشاره شد، گاهی ساختار لوویس که با رعایت قاعده هشتایی برای يك گونه در نظر گرفته می شود با بار قراردادی روی اتمها همراه است که با خواص ساختاری آن گونه سازگاری ندارد. در بسیاری از این موارد می توان با در نظر گرفتن برانگیختگی و افزایش دادن تعداد اربیتالهای تک الکترونی (یا الکترونهای جفت نشده) لایه ظرفیت اتم مرکزی، تعداد پیوندهای بیشتری برای اتم مرکزی در نظر گرفت. در این صورت از يك طرف بار قراردادی اتمها حذف می شود و یا کاهش می یابد و ارتباط ساختار ترکیب با

می‌دهد، پس، چهار پیوند سیگما (یا ۸ الکترون  $\sigma$ ) باید در نظر گرفت:

$$n_{\sigma} = 4 \times 2 = 8$$

(۶) رسم چارچوب پیوندی  $\sigma$

چهار پیوند  $\sigma$  بین اتم گوگرد و اتمهای اکسیژن را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت:



(۷) محاسبه تعداد الکترونها  $\pi$  و تعداد پیوند  $\pi$

با استفاده از رابطه ۳ داریم:

$$n_{\pi} = n_b - n_{\sigma} = 0$$

یعنی، بر اساس قاعده هشتایی، در این یون، نباید بین اتمهای اکسیژن و گوگرد، پیوند دوگانه ( $\text{S}=\text{O}$ ) در نظر گرفت. پس چارچوب پیوندی  $\sigma$ ، چارچوب پیوندی کامل این یون است.

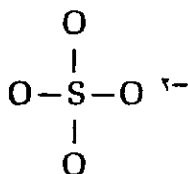
(۸) محاسبه تعداد الکترونها غیر پیوندی

با استفاده از رابطه (۴)، داریم:

$$n_{lp} = 32 - 8 = 24$$

(۹) توزیع الکترونها غیر پیوندی بین اتمها

چون اتم مرکزی (S) در لایه ظرفیت خود، در این یون دارای هشت الکترون است و هر چهار اتم اکسیژن متصل به آن وضعیت مشابهی دارند، پس باید این ۲۴ الکترون غیر پیوندی بین آنها به تساوی توزیع شود که در این صورت، به هر یک از آنها ۶ الکترون غیر پیوندی می‌رسد ( $24:4=6$ ). از این رو، ساختار لوئیس این یون چنین است:



توضیح:

اگر برای یون سولفات، چنین ساختار لوئیس را در نظر بگیریم، اتمهای اکسیژن در آن دارای بار قراردادی ۱- و گوگرد دارای بار قراردادی ۲+ خواهد شد. زیرا می‌دانیم

خواص آن بیشتر می‌شود و از طرف دیگر، تعداد الکترونها لایه ظرفیت اتم مرکزی از هشت تجاوز می‌کند. مثلاً به ۱۰ یا ۱۲ می‌رسد یعنی، دیگر قاعده هشتایی رعایت نمی‌شود.

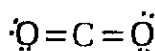
(۸) محاسبه تعداد الکترونها غیر پیوندی

با استفاده از رابطه (۴)، می‌توان نوشت:

$$n_{lp} = 16 - 8 = 8$$

(۹) توزیع الکترونها غیر پیوندی بین اتمها

چون اتم مرکزی با برقراری چهار پیوند ( $2\sigma + 2\pi$ )، در لایه ظرفیت خود هشت الکترون دارد و هر دو اتم اکسیژن از نظر الکترونی وضعیت مشابهی در این مولکول دارند، پس باید این هشت الکترون غیر پیوندی را به تساوی بین آنها توزیع کرد. از این رو، ساختار لوئیس مولکول  $\text{CO}_2$  چنین است:



نمونه سوم - آنیون سولفات:  $\text{SO}_4^{2-}$

(۱) محاسبه تعداد کل الکترونها ظرفیت:

$$n_v = 6 + (4 \times 6) + 2 = 32$$

$$(1\text{S}) \quad (2\text{O}) \quad (2-)$$

(۲) محاسبه تعداد الکترونها لازم برای هشتایی شدن اتمها:

چون در مجموع پنج اتم (یک اتم S و چهار اتم O)

داریم، می‌توان نوشت:

$$n_{(\text{oct})} = 5 \times 8 = 40$$

(۳) محاسبه تعداد الکترونها مشترک (پیوندی)

با استفاده از رابطه (۱)، داریم:

$$n_b = 40 - 32 = 8$$

(۴) تعیین اتم مرکزی

چون اتم گوگرد می‌تواند تعداد پیوندهای بیشتری نسبت به اتم اکسیژن تشکیل دهد و در این یون در مقابل هر اتم S، چهار اتم O وجود دارد، پس گوگرد، در این ترکیب اتم مرکزی است و هر چهار اتم اکسیژن با آن پیوند دارند.

(۵) تعیین تعداد الکترونها پیوندی  $\sigma$

چون اتم مرکزی با هر اتم اکسیژن یک پیوند  $\sigma$  تشکیل

که بار قراردادی هر اتم در ترکیب، از رابطه زیر قابل محاسبه است:

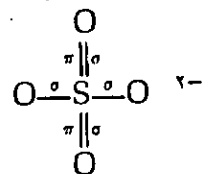
$$F_C = n_v - \left( n_{lp} + \frac{n_b}{\gamma} \right) \quad (5)$$

که در آن  $n_v$  تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت اتم (شماره گروه آن در جدول تناوبی) است از این رو، در مورد اتمهای اکسیژن و گوگرد در یون سولفات می توان نوشت:

$$F_{C(O)} = 6 - \left( 6 + \frac{2}{1} \right) = -1 \rightarrow -1$$

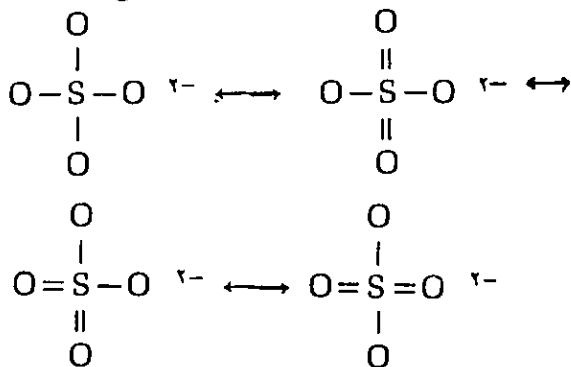
$$F_{C(S)} = 6 - \left( 0 + \frac{8}{2} \right) = +2 \rightarrow +2$$

برای این که بار قراردادی اتمها را که تا حدی باعث بالا رفتن سطح انرژی یون است، به منظور پایداری بیشتر، کاهش دهیم و یا حذف کنیم، باید برای اتم گوگرد حالت برانگیخته با شش الکترون جفت نشده (شش اوربیتال تک الکترونی) در نظر بگیریم که در این صورت، پیوند بین آن با دو اتم اکسیژن به صورت دو گانه در خواهد آمد. در این صورت، دیگر قاعده هشتایی درباره آن رعایت نخواهد شد. زیرا تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت آن به ۱۰ می رسد. اما، در مقابل، اتمها در آن بار قراردادی نخواهند داشت (به بیان دیگر، بار قراردادی همه اتمها در آن صفر است) و ساختار آن به صورت:



در خواهد آمد.

البته، این بدان معنی نخواهد بود که در یون سولفات پیوند بین اتمهای اکسیژن و گوگرد از نوع (ساده و دو گانه) است که از نظر طول و انرژی با هم تفاوت دارند. بلکه، این ساختار به چند صورت رزونانسی وجود دارد و ساختار درست و واقعی این یون، هیبرید رزونانسی از چند ساختار رزونانسی و یا به بیان دیگر نوعی میانگین از این ساختارهای رزونانسی است. نمونه هایی از این ساختارهای رزونانسی عبارت اند از:



همان طور که در مورد یون  $\text{SO}_4^{2-}$  توضیح داده ایم، تعیین ساختار درست و واقعی یک مولکول یا یون، همواره با رعایت قاعده هشتایی لوویس (در نظر گرفتن حداکثر چهار پیوند کووالانسی) میسر نیست مگر در موردی که اتم مرکزی از عنصرهای دوره دوم جدول تناوبی (مانند C و اکسیژن در دو مثال اول) باشد. در مورد عنصرهای دوره سوم به بعد از جمله گوگرد در مثال بالا به دلیل مجاز بودن تراز d از نظر شرکت در فعالیت شیمیایی و تشکیل پیوند، امکان تشکیل تعداد بیشتری از پیوندها و تجاوز تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت از عدد هشت به وجود می آید. این رویداد به هشتاییهای منبسط (Expanded octets) شهرت یافته است.

اکنون که با تعیین ساختار پیوند ظرفیت چند نمونه از مولکولها و یونها بر اساس قاعده هشتایی لوویس آشنایی کافی حاصل شد، این بحث را به یک مرحله بالاتر می کشانیم. یعنی به بررسی چگونگی تعیین ساختار پیوند ظرفیت واقعی چند گونه که تعداد الکترونیهای ظرفیت اتم مرکزی در آنها به بیش از هشت الکترون می رسد (مانند  $\text{PCl}_5$ ،  $\text{SF}_6$ ،  $\text{POCl}_3$ ،  $\text{SOF}_2$ ،  $\text{SF}_6$ ) می پردازیم. برای دستیابی به ساختار پیوند ظرفیت این گونه ها، باید مراحل زیر را در نظر گرفت:

۱) محاسبه تعداد کسل الکترونیهای ظرفیت اتمهای تشکیل دهنده مولکول یا یون ( $n_v$ ).

۲) اتصال دادن اتم مرکزی به هر یک از اتمهای لیگاند به وسیله یک پیوند کووالانسی  $\sigma$ .

۳) در نظر گرفتن شش الکترون جفت نشده برای هر اتم لیگاند، تا با یک جفت الکترون پیوندی تعداد الکترونیهای لایه ظرفیت آنها به هشت برسد (مگر در مورد اتم هیدروژن).

۴) تعیین تفاوت تعداد کسل الکترونیهای ظرفیت با مجموع الکترونیهای غیر پیوندی و پیوندی اتمهای لیگاند و الکترونیهای پیوندی اتم مرکزی ( $n_x$ ) که در واقع همان تعداد الکترونیهای غیر پیوندی ( $n_{lp}$ ) اتم مرکزی است:

$$n_{lp} = n_v - n_x \quad (6)$$

اگر  $n_{lp}$  برابر صفر باشد، اتم مرکزی فاقد الکترونیهای غیر پیوندی در یون یا مولکول مورد نظر است. چنانچه  $n_{lp}$  صفر نباشد، به همان تعداد، الکترون غیر پیوندی برای اتم مرکزی در نظر می گیریم.

۵) محاسبه بار قراردادی آنها و تشخیص امکان تشکیل پیوند دوگانه.

چنانچه ساختار پیوند ظرفیت مولکول یا یون طوری باشد که آنها در آن دارای بار قراردادی باشند، در آن صورت، باید برای کاهش دادن و یا حذف بار قراردادی آنها، امکان تشکیل پیوند دوگانه بین آنها را که بار قراردادی به آنها تعلق دارد، در نظر گرفت.

برای توضیح بیشتر و روشنتر شدن مطلب، چند نمونه بالا را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

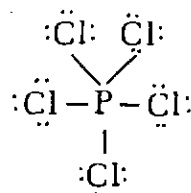
الف) تعیین ساختار پیوند ظرفیت  $PCl_5$

۱) تعداد کل الکترونهاى لایه ظرفیت آنها در این مولکول عبارت است از:

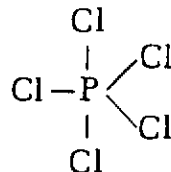
$$n_v = 1 \times 5 + 5 \times 7 = 40$$

(۱P) (۵Cl)

۲) در این مولکول دست‌کم یک پیوند سیگما بین هر اتم کلر و اتم مرکزی باید برقرار باشد. از این رو، چارچوب پیوندی سیگمای این مولکول را می‌توان چنین نشان داد:



۳) با در نظر گرفتن اینکه همه اتمهای کلر باید در لایه ظرفیت خود هشت الکترون داشته باشند، پس برای هر یک از آنها باید شش الکترون غیر پیوندی منظور کرد و چارچوب پیوندی سیگما را به صورت زیر کامل کرد:



۴) در مورد تعداد الکترونهاى غیر پیوندی که باید به اتم مرکزی نسبت داد باید  $n_{lp}$  را بر اساس رابطه (۶)، حساب کرد:

$$n_{lp} = n_v - n_x = 40 - (1 \times 10 + 5 \times 6) = 0$$

(۱P) [۵Cl]

پس بر روی اتم مرکزی هیچ الکترون غیر پیوندی باقی نمانده است. یعنی ساختار پیوند ظرفیت  $PCl_5$  شامل پنج جفت الکترون پیوندی بین آنها و سه جفت الکترون غیر پیوندی بر روی هر اتم کلر خواهد بود.

۴) محاسبه بار قراردادی آنها

با استفاده از رابطه (۵)، می‌توان نوشت:

$$FC_{(Cl)} = 7 - \left( 6 + \frac{1}{4} \right) = 0$$

$$FC_{(P)} = 5 - \left( 0 + \frac{10}{4} \right) = 0$$

یعنی آنها در این مولکول، بار قراردادی ندارند.

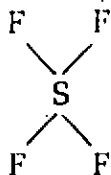
ب) تعیین ساختار پیوند ظرفیت مولکول  $SF_4$

۱) تعداد کل الکترونهاى ظرفیت آنهاى تشکیل دهنده این مولکول عبارت است از:

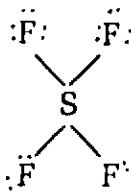
$$n_v = 1 \times 6 + 4 \times 7 = 34$$

(۱S) (۴F)

۲) چون اتم مرکزی گوگرد دست‌کم با یک پیوند کووالانسی سیگما باید به هر اتم فلوئور متصل باشد، چارچوب پیوندی سیگمای مولکول  $SF_4$  چنین است:



۳) چون هر اتم فلوئور باید در لایه ظرفیت خود هشت الکترون داشته باشد، پس باید برای هر اتم فلوئور شش الکترون غیر پیوندی در نظر گرفت. از این رو، چارچوب بالا به صورت:



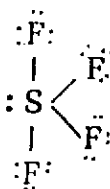
درمی‌آید.

۴) تعداد الکترونهاى غیر پیوندی که ممکن است بر روی اتم مرکزی باقی بمانند، عبارت است از:

$$n_{lp} = 34 - (1 \times 8 + 4 \times 6) = 2$$

(۱S) (۴F)

پس باید دو الکترون غیر پیوندی بر روی اتم مرکزی در نظر گرفت. از این رو، ساختار پیوند ظرفیت مولکول  $SF_4$  را می‌توان به صورت زیر نوشت:



۴) محاسبه بار قرار دادی آنها

بار قراردادی اتمها در این مولکول نیز مانند مولکول  $PCl_5$  صفر است. زیرا، طبق رابطه (۵) می توان نوشت:

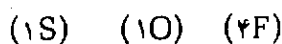
$$FC_{(F)} = 7 - \left( 6 + \frac{2}{2} \right) = 0$$

$$FC_{(S)} = 6 - \left( 2 + \frac{8}{2} \right) = 0$$

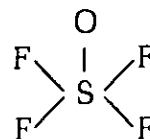
ج) تعیین ساختار پیوند ظرفیت  $SOF_4$

۱) تعداد کل الکترونهاى ظرفیت اتمهای تشکیل دهنده این مولکول عبارت است از:

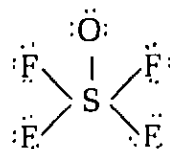
$$n_v = 1 \times 6 + 1 \times 6 + 4 \times 7 = 40$$



۲) چون در این مولکول اتم مرکزی گوگرد باید دست کم با يك پیوند کووالانسی سیگما به هر اتم لیگاند متصل باشد، پس چارچوب پیوندی سیگمای این مولکول چنین خواهد بود:



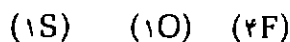
۳) چون هر اتم فلوئور و اکسیژن در لایه ظرفیت خود باید، هشت الکترون داشته باشند، برای هر اتم فلوئور و اکسیژن باید شش الکترون غیر پیوندی منظور کرد و در نتیجه چارچوب بالا به صورت:



درمی آید.

۴) محاسبه تعداد الکترونهاى غیر پیوندی که ممکن است بر روی اتم مرکزی باقی بماند: براساس رابطه (۶) می توان نوشت:

$$n_{lp} = 40 - (1 \times 10 + 1 \times 6 + 4 \times 6) = 0$$



یعنی در این مولکول برخلاف مولکول  $SF_4$ ؛ اتم مرکزی در  $SOF_4$  دارای الکترون غیر پیوندی نیست.

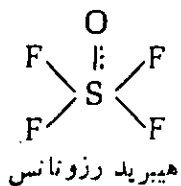
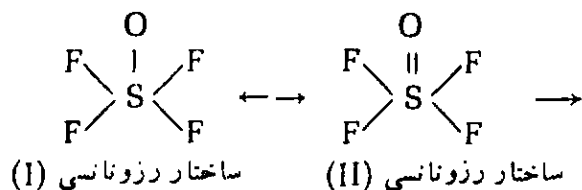
۵) محاسبه بار قراردادی و تشخیص امکان تشکیل پیوند

$$FC_{(F)} = 7 - \left( 6 + \frac{2}{2} \right) = 0$$

$$FC_{(O)} = 6 - \left( 6 + \frac{2}{2} \right) = -1$$

$$FC_{(S)} = 6 - \left( 0 + \frac{10}{2} \right) = +1$$

یعنی در این مولکول برخلاف مولکولهای  $PCl_5$  و  $SF_4$ ، بین اتم مرکزی و یکی از اتمهای لیگاند (اکسیژن) بار قراردادی وجود دارد. از این رو، برای کاهش بار حذف آن، باید امکان تشکیل پیوند دوگانه بین اتم گوگرد و اتم اکسیژن را نیز در نظر گرفت و مولکول را به صورت هیبرید رزونانسی از دو ساختار رزونانسی به صورت زیر در نظر گرفت:

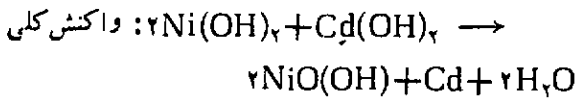
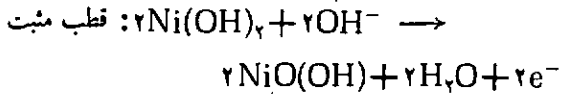


دنباله این مقاله در شماره آینده

در تهیه این مقاله به منابع زیر رجوع شده است:

- 1) Quilez J. Teaching a model for Writing Lewis Structure, J. Chem Educ June, 1989.
- 2) Lever A. B. P. J. Chem. Educ. 1972.
- 3) Clark. T. J. J. Chem Educ. 1984.
- 4) Carrol. J. A. J. Chem Educ. 1987.
- 5) Purcell. K. F. Kotz J. C. Inorg Chem, W B. Saunders Comp. 1985.

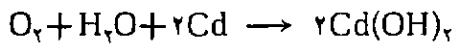




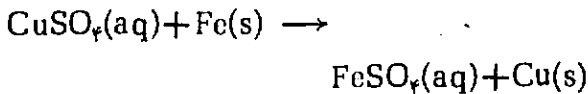
و به هنگام شارژ شدن عکس واکنشهای فوق اتفاق می افتد. این باطری طوری ساخته شده که اکسیژن آزاد شده در قطب مثبت، به هنگام شارژ کردن باطری که به وسیله واکنش فرعی زیر:



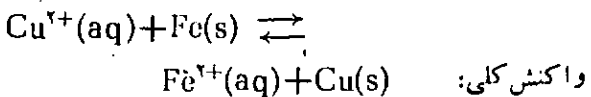
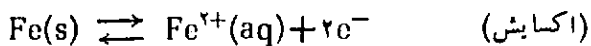
می تواند به آسانی به قطب منفی مهاجرت کند و در آنجا به صورت زیر مصرف شود:



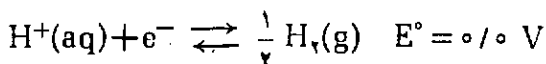
یک تجربه دیگر شامل رسوب دادن فلز مس از محلول آبی سولفات مس (II) با اضافه کردن براده های آهن است. واکنش اخیر اساس بازیابی صنعتی مس از ضایعات فلزی و یکی از راههای بهسازی فاضلاب برای حذف یونهای نامطلوب  $\text{Cu}^{2+}$  است:



این واکنش کلی را می توان به صورت دو نیم واکنش توصیف کرد:



(نیروی محرکه ترمودینامیکی برای این واکنش کلی، همان پتانسیل الکترودی استاندارد یا پتانسیل کاهش ( $E^\circ$ ) است) برای تعریف پتانسیل کاهش به یک نقطه مرجع نیاز داریم و برای این منظور الکترودی استاندارد هیدروژن به طور اختیاری به عنوان پتانسیل مرجع انتخاب شده است:

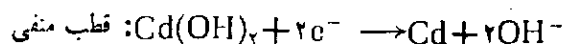


مطابق تعریف، پتانسیل استاندارد کاهش برای این سیستم که شامل محلول آبی یونهای  $\text{H}^+$  با فعالیت واحد ( $a_{\text{H}^+} = 1$ )



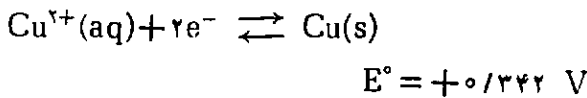
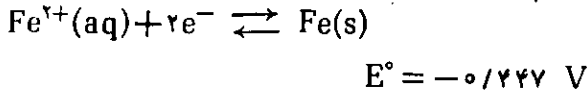
دکتر منصور عابدینی استاد دانشگاه تهران

(بسیاری از فرایندهای متالورژیکی در محلول انجام می گیرند و بیشتر شامل واکنشهای اکسایش - کاهش (ردوکس) اند) مثلاً آب مس کاری شامل کاهش محلول آبی  $\text{Cu}^{2+}$  به  $\text{Cu}^0$  است. به هنگام یک واکنش ردوکس، الکترونها از یک گونه شیمیایی به گونه شیمیایی دیگر انتقال می یابند: کسب الکترون (کاهش)، از دست دادن الکترون (اکسایش). ماسین حساب جیبی شما به احتمال زیاد از یک باطری نیکل - کادمیم نیرو می گیرد. قطبهای آن در حالت شارژ نشده هیدروکسیدهای نیکل و کادمیم اند که به هنگام شارژ کردن تغییرات زیر در آنها صورت می گیرد:

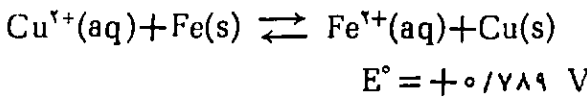
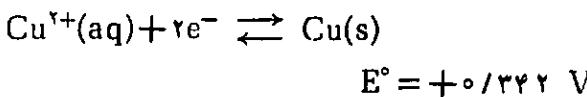
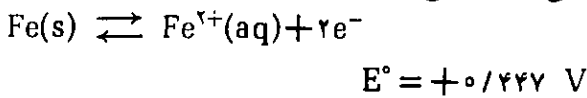


$E^\circ$  و  $96500 \text{ C mol}^{-1}$  است هم پتانسیل استاندارد کاهش برای فرایند است.

مجدداً مثال مس - آهن را در نظر بگیرید. در جدول (۱) داریم:



چنانچه معادله مربوط به زوج  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})$  را از راست به چپ بنویسیم، نیم واکنشهای اولیه برای واکنش کلی به دست می‌آید:



چون در اینجا  $E^\circ$  مثبت است، پس  $\Delta G^\circ$  از صفر کمتر است و این واکنش به صورتی که نوشته شده در شرایط استاندارد خود به خود انجام پذیر است:

$$\Delta G^\circ = -(2 \text{ مول الکترون}) F (+0.789 \text{ V})$$

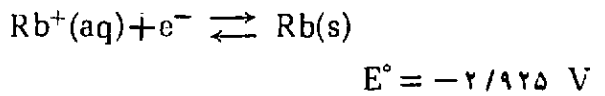
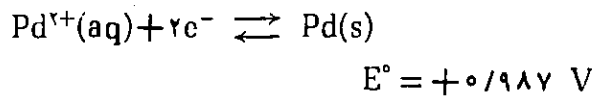
= يك عدد منفي

بدیهی است که پتانسیلهای استاندارد کاهش می‌توانند در پیش‌بینی واکنش پذیری شیمیایی فوق‌العاده سودمند باشند اما توجه داشته باشید که مقادیر  $E^\circ$  جزو خواص شدتی است، یعنی، مقادیر آنها مستقل از استوکیومتری واکنش است یعنی اگر واکنش کلی را دو برابر کنیم،  $E^\circ$  باز هم همان مقدار  $+0.789$  ولت است.

در يك مثال دیگر می‌خواهیم بدانیم که آیا  $\text{Cu}(\text{I})$  در محلول آبی از نظر تمهیم نامناسب آن به  $\text{Cu}(\text{II})$  و  $\text{Cu}(\text{O})$  پایدار است یا خیر، یا به عبارت دیگر آیا واکنش زیر انجام پذیر است؟



در حالت تعادل با گاز  $\text{H}_2$  تحت ۱ اتمسفر فشار است در هر دمایی برابر صفر اختیار شده است ( $E^\circ = 0/0 \text{ V}$ ). سلولهای ولتایی یا گالوانی را می‌توان طوری ساخت که پتانسیل استاندارد کاهش الکتروود آن نسبت به الکتروود استاندارد هیدروژن، مثبت یا منفی باشد.



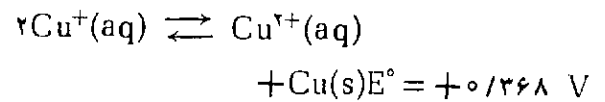
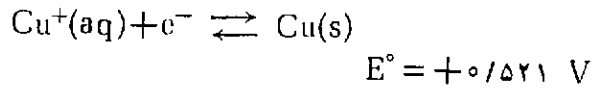
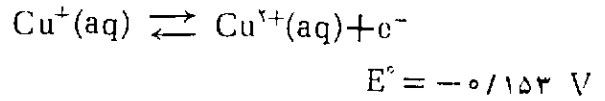
(پتانسیلهای بالا در مقایسه با پتانسیل الکتروود استاندارد هیدروژن  $\text{H}_2 = 0$ ,  $\text{EH}_2^+$  داده شده‌اند) علامت  $E^\circ$  برای زوج  $\text{Pd}^{2+}(\text{aq})/\text{Pd}(\text{s})$  مثبت است زیرا که  $\text{Pd}^{2+}$  راحت‌تر از  $\text{H}^+(\text{aq})$  الکترون می‌گیرد (کاهش می‌یابد). به همین ترتیب،  $E^\circ$  برای زوج  $\text{Rb}^+(\text{aq})/\text{Rb}(\text{s})$  منفی است زیرا که  $\text{Rb}$  راحت‌تر از هیدروژن مولکولی، تحت شرایط معین استاندارد، الکترون از دست می‌دهد (با اکسیده) می‌شود.

یکی از مهمترین روابط ترمودینامیکی در مطالعات الکتروشیمیایی رابطه:

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$$

است که در آن  $\Delta G^\circ = \text{انرژی آزاد گیبس استاندارد برای فرایند مورد نظر است (در صورت منفی بودن } \Delta G^\circ \text{، واکنش در شرایط استاندارد خود به خودی است و } \Delta G^\circ \text{ مثبت نشانه آن است که واکنش مورد نظر تحت شرایط استاندارد، انجام نمی‌گیرد).}$  n تعداد مولهای الکترون رد و بدل شده و F ثابت فارادی

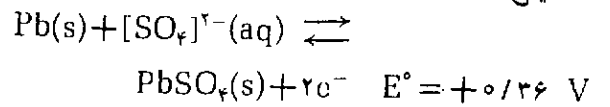
این واکنش کلی را می‌توان از جمع زدن دو نیم واکنش زیر به دست آورد:



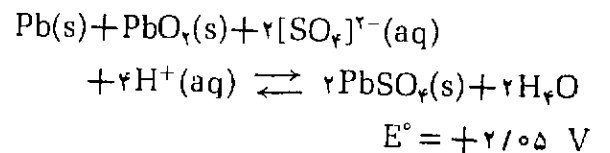
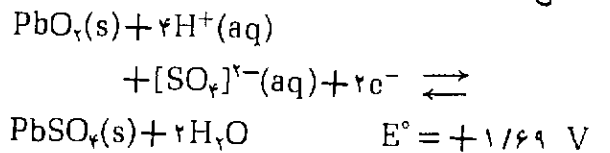
در اینجا باز  $\Delta G^\circ$  واکنش منفی است پس در  $25^\circ\text{C}$ ،  $\text{Cu}(\text{I})$  باید به آسانی بر اثر تسهیم نامتناسب به  $\text{Cu}(\text{II})$  و  $\text{Cu}(\text{s})$  تبدیل شود. ولسی در دمای بالاتر این تعادل به سمت چپ جا به جا می‌شود و ۳۰٪ مس حبل شده در اسید سولفوریک  $0.85M$  در  $16^\circ\text{C}$  به صورت  $\text{Cu}(\text{I})$  است. تسهیم نامتناسب مشابهی نیز برای  $\text{Ag}(\text{I})$  وجود دارد.

مثال دوم باطری انبارهای سربی است که در اتومبیل مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو نیم واکنش مهم آن عبارتند از:

اکسایش درآند



کاهش در کاتد



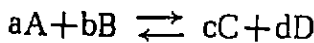
پتانسیل این پیل مثبت است و از این رو واکنش خودبه‌خودی است. واکنش و شارژ از سمت چپ به سمت راست پیش می‌رود. توجه کنید که پتانسیل واکنش معکوس منفی است ( $-2.05\text{V}$ ) و از این رو خودبه‌خودی نیست و برای شارژ باطری باید از یک منبع خارجی کمک گرفت.

برای پتانسیلهای استاندارد کاهش، گونه‌های مربوط باید فعالیت واحد داشته باشند ولسی بیشتر ترجیح می‌دهند که بجای فعالیت، غلظت را به کار برند. پس پتانسیل پیل با

تغییر غلظت بر طبق معادله نرنست تغییر می‌کند:

$$E = E^\circ - \left( \frac{RT \ln Q}{n} \right) \\ = E^\circ - \left( \frac{2.303RT \log_{10} Q}{n} \right)$$

در این رابطه،  $E =$  پتانسیل واقعی سلول،  $E^\circ =$  پتانسیل استاندارد کاهش،  $n =$  تعداد مولهای الکترون رد و بدل شده و  $Q =$  نسبت غلظتهای محصولات به واکنش دهنده‌ها است و هر کدام از این غلظتها به توان ضریب استوکیومتری واکنش می‌رسد. برای واکنش عمومی زیر:



$Q$  دارای همان شکل ثابت تعادل،  $K_{sp}$ ، است

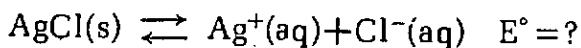
$$Q = \frac{[A]^a [B]^b}{[C]^c [D]^d}$$

برای دمای اتاق ( $298^\circ\text{K}$ ) خواهیم داشت:

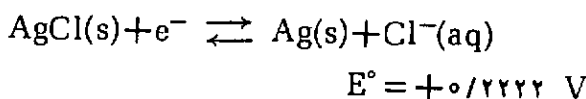
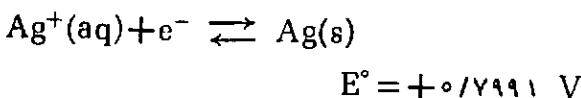
$$E = E^\circ - \left( \frac{0.05916}{n} \log_{10} Q \right)$$

توجه کنید که افزایش غلظت محصولات به کاهش مقدار پتانسیل منتهی می‌شود.

یکی از کاربردهای مهم معادله نرنست برای محاسبه حاصلضرب انحلال ( $K_{sp}$ ) است. به دست آوردن این داده‌ها برای نمکهای انحلال ناپذیر بسیار مشکل است. برای مثال  $\text{AgCl}$  در صنعت عکاسی حائز اهمیت است و  $K_{sp}$  آن در ارزیابی فرایند ظهور به کار می‌آید. حال چگونه می‌توان از معادله نرنست برای محاسبه  $K_{sp}(\text{AgCl})$  در دمای اتاق استفاده کرد؟ برای یک محلول اشباع شده داریم:



از روی جدول (۱) داریم:



با معکوس کردن نیم واکنش اول و جمع زدن آن با نیم واکنش دوم خواهیم داشت:

مول در لیتر در دمای اتاق باشد، حساب می‌کنیم:

$$E = E^{\circ} - \left( \frac{0.05916}{n} \log_{10} \frac{[H_2O(l)]^2}{[O_2(g)][H^+(aq)]^4} \right)$$

در اینجا چون  $n = 4$  و  $[H_2O(l)] = 1$  است، پس داریم:

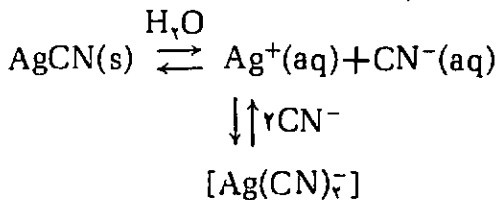
$$E = 1.23 + \left( -\frac{0.05916}{4} \log_{10} [O_2(g)][H^+(aq)]^4 \right)$$

$$= 1.23 + 0.01479 \log_{10} [1/5 \times 10^{-2}][H^+]^4$$

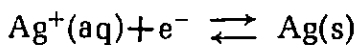
$$pH = -\log_{10} [H^+(aq)] = 5/6$$

پس،  $E = +0.90 \text{ V}$  است. به همین ترتیب، برای باران اسیدی ( $pH = 2$ )، مقدار  $E = +1.07 \text{ V}$  است. از این رو این تغییر پتانسیل بر روی شیمی ردوکس آب‌ها اثر می‌گذارد. اکنون اثرهای زیانبار بارانهای اسیدی در تمام دنیا کاملاً حس می‌شود.

کاتیونهای فلزی غالباً به وسیله لیگاندهای موجود در محلول آبی، تشکیل کمپلکس می‌دهند و تشکیل کمپلکس هم بر روی پتانسیل کاهش در یک سیستم اثر می‌گذارد. یک الکتروود نقره‌ای را در محلول آبی  $AgCN$  در نظر بگیرید. این سلولی است که برای آب نقره کاری کارد و چنگال به کار می‌رود. تعادلهای زیر در این محلول وجود دارند:



تعادل به سمت راست جا به جا می‌شود و عملاً تمامی  $Ag^+$  موجود به صورت کمپلکس دی‌سیانوآرژانسانت (I) درمی‌آید، یعنی غلظت بالایی از این یون کمپلکس وجود دارد. به این ترتیب،  $E$  از پتانسیل استاندارد کاهش به مراتب پایین‌تر است

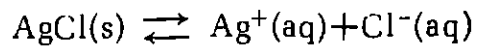
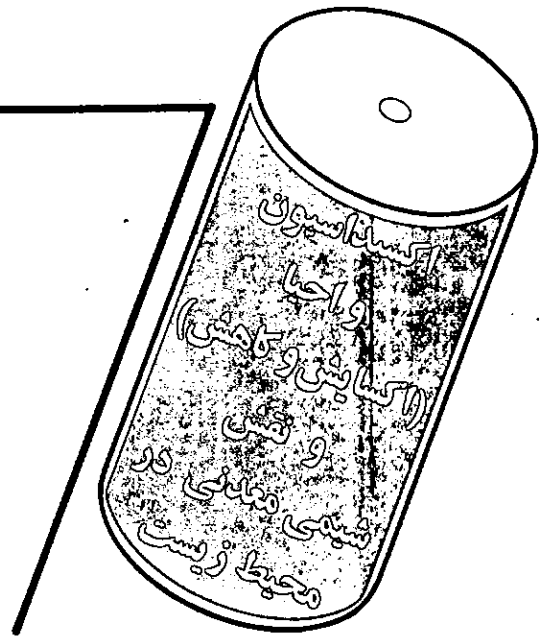


$$E^{\circ} = +0.7991 \text{ V}$$

با توجه به اینکه فعالیت  $Ag(s) = 1$  است و  $n = 1$ ، پس در دمای اتاق داریم:

$$E = 0.7991 + (0.05916 \log_{10} [Ag^+])$$

یادآور می‌شود که  $\log_{10} [Ag^+]$  رقمی منفی است زیرا که  $[Ag^+]$  بسیار کوچک است.



$$E^{\circ} = -0.5769 \text{ V}$$

از روی معادله نرنست داریم:

$$E = -0.5769$$

$$- \left( \frac{0.05916}{1} \log_{10} \frac{[Ag^+][Cl^-]}{[AgCl(s)]} \right)$$

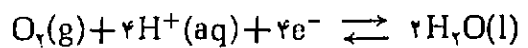
$$= -0.5769 - 0.05916 \log_{10} [Ag^+][Cl^-]$$

زیرا در اینجا  $n = 1$  و مقدار ثابت  $[AgCl(s)] = 1$  است. با توجه به اینکه در حالت تعادل  $\Delta G = 0 = -nFE$  و در نتیجه  $E = 0$  است، داریم:

$$\log_{10} [Ag^+][Cl^-] = - \left( \frac{0.5769}{0.05916} \right) = -9.75$$

$$K_{sp}(AgCl) = [Ag^+][Cl^-] = 1.78 \times 10^{-10}$$

به عنوان مثالی از اثر غلظت بر روی پتانسیل کاهش، نیم واکنش زیر را که در توازن اکولوژیکی در رودخانه‌ها و نه‌رها حائز اهمیت است در نظر بگیرید:

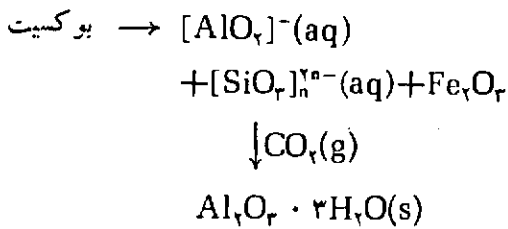


$$E^{\circ} = +1.23 \text{ V}$$

په‌اش ( $pH$ ) آب باران نسبتاً خالص،  $5/6$  است ولی باران اسیدی، که از انتشار  $SO_2$  در مراکز صنعتی که نهایتاً به تشکیل آتروسولهای  $H_2SO_4$  در جو فوقانی می‌انجامد به وجود می‌آید،  $pH = 2$  دارد. پتانسیل کاهش را تحت این دو شرایط مختلف از نظر  $pH$  با توجه به این که

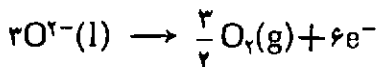
$$[O_2(g)] = 1/50 \times 10^{-2}$$

است که مخلوطی از  $SiO_2$ ،  $Fe_2O_3$ ،  $Al_2O_3$  است. ابتدا به روش بایر بوکسیت را با محول ۳۰٪ سود سوزآور تحت فشار ۸ اتمسفر در دمای حدود  $1900^{\circ}C$  ترکیب می کنند:

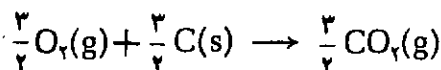
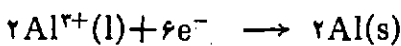


برای آگیری از آلومین آ پوشیده آن را تا حدود  $1200^{\circ}C$  گرما می دهند. آلومین خالص را با مقدار کافی کربولیت  $Na_3AlF_6$  مخلوط می کنند به طوری که نقطه ذوب این الکترولیت غیر آبی حدود  $970^{\circ}C$  باشد. یکی از عواملی که هزینه تولید Al را بالا می برد مربوط به الکترودهای گرافیتی است که در طول الکترولیز خورده می شوند و هر چند مدت یک بار باید تعویض شوند. واکنشهای مهم به هنگام الکترولیز عبارت اند از:

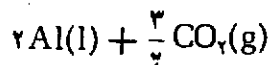
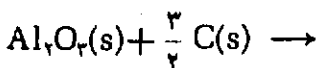
اکسایش در آند



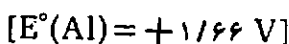
کاهش در کاتد



واکنش اخیر گرمای آن برای انجام واکنش زیر که در ضمن موجب خورده شدن گرافیت می شود، کفایت می کند:



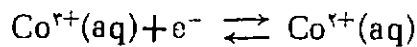
آلومینیم با آنکه باید به آسانی اکسید شود:



ولی آسانی خورده نمی شود زیرا که سطح فلز تازه تهیه شده به سرعت از لایه نازک  $Al_2O_3$  پوشیده می شود که بقیه فلز را از تأثیر عوامل خوردندگی محفوظ نگه می دارد.

استخراج مس - مس اصولاً به صورت ترکیب با گوگرد

در شیمی کوئوردیناسیون، پتانسیلهای کاهش برای توضیح پاره ای از مسائل حائز اهمیت است. مثلاً، چرا با این که  $Co(III)$  با توجه به پتانسیل کاهش مساعدی که دارد و باید به آسانی به  $Co(II)$  کاهش یابد، اکثر کمپلکسهای شناخته شده از کبالت، دارای  $Co(III)$  هستند؟



$$E^{\circ} = +1.808 V$$

در مجاورت لیگاندهای کمپلکس دهنده قوی مثل  $CN^{-}$ ،  $Co(II)$  حتی به وسیله آب اکسیده شده، کمپلکس پایدار  $[Co(CN)_6]^{3-}$  را می دهد. بازهم از روی معادله نرنست درمی یابیم که در دمای اتاق:

$$E = 1.808 - \left( 0.05916 \log_{10} \frac{Co^{2+}}{[Co^{3+}]} \right)$$

گرچه غلظتهای هر دو یون  $Co^{3+}$  و  $Co^{2+}$  به وسیله تشکیل کمپلکس به طور فوق العاده کاهش می یابد، این کاهش غلظت برای  $Co^{3+}$  بیشتر است در نتیجه E از  $E^{\circ}$  خیلی کمتر می شود و موجب می شود که کاهش  $Co(III)$  به  $Co(II)$  نامساعد شود.

### کاربرد پتانسیل کاهش در متالورژی

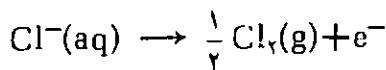
در استخراج تعدادی از فلزهای مهم صنعتی فرایندهای الکتروشیمیایی نقش عمده ای دارند. برای فلزهایی که مقادیر  $E^{\circ}$  آنها عدد منفی بزرگی است [مثلاً  $K(I)$ ،  $-2.92 V$ ؛  $Ca(II)$ ،  $-2.87 V$ ؛  $Mg(II)$ ،  $-2.36 V$ ؛  $Al(III)$ ،  $-1.66 V$ ] باید از کاهش الکتروشیمیایی استفاده کرد. برای سایر فلزها که مقادیر  $E^{\circ}$  آنها عدد منفی کوچکتر و یا مثبت است عوامل کاهنده شیمیایی مثل کربن، هیدروژن یا آلومینیم به کار می برند. آن دسته از فلزهایی که مقادیر  $E^{\circ}$  آنها مثبت و بزرگ است مثل فلزهای سکه زنی مس، نقره و طلا، به خصوص طلا [ $E^{\circ}Au(I) = +1.69 V$ ] در طبیعت به حالت آزاد یافت می شوند. برای نشان داد کاربرد عملی کاهش الکترولیتیک در زیر راجع به استخراج آلومینیم و مس بحث می کنیم.

استخراج آلومینیم - در این مورد از روش هال - ارو استفاده می شود. یکی از کانیهای عمده آلومینیم بوکسیت

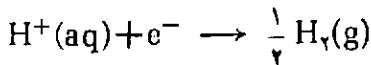


$Cl_2$  و  $H_2$  جلوگیری شود. الکترودها از جنس گرافیت (آند) و آهن (کاتد) است و این سلولها با  $V 3/8$ ،  $50/500 A$  و در  $100^\circ C$  کار می کنند:

اکسایش

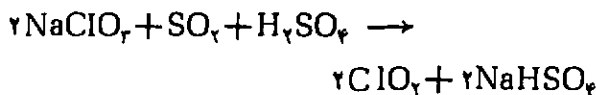


کاهش



به هنگام الکترولیز یونهای  $H^+$  از آب مصرف می شود و در نتیجه غلظت  $OH^-$  بالا می رود که به تشکیل  $NaOH$  می انجامد.

یکی از کاربردهای  $Cl_2$  تولید ترکیبهای متعدد کلردار به خصوص حلالهایی نظیر کربن تتراکلرید و کلروفرم برای استفاده در سنتزهای آلی، در صنعت خشکشویی و برای گریس زدایی صنعتی، است. سایر مشتقات مهم کلردار شامل پرکلرانتها و کلرید اکسید ( $ClO_2$ ) است که در صنعت خمیر کاغذ به عنوان سفیدکننده مورد استفاده دارد. بسیاری از کارخانجات تهیه خمیر کاغذ در کنار خود سلولهای الکترولیز برای تهیه کلرات دارند که از آن برای تهیه  $ClO_2$  استفاده می شود:

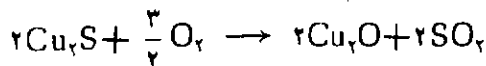


### تولید انرژی از راه فتوگالوانی

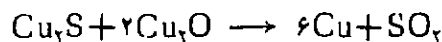
بسیاری از وسایل الکتریکی وجود دارند که نیروی آنها از راه فتوشیمیایی (یا فتوگالوانی) تأمین می شود. قسمت عمده علاقه و توجه در این زمینه نتیجه اجرای برنامه های فضایی است که برای استفاده در ماهواره های ارتباطی و سفینه های فضایی به سلولهایی که با انرژی خورشید کار کنند، نیاز است. از مهمترین این سلولها، سلولهای خورشیدی سیلیسیم است و طرز کار آنها بر اساس جفت کردن نیم رساناهای نوع  $n$  و  $p$  قرار دارد. به طور اساسی، انرژی خورشید به این سلولها می تابد و موجب بیرون راندن الکترون از نیم رسانای نوع  $n$  (مثلاً  $Si/As$ ) می شود که این الکترون از طریق اتصال  $pn$  وارد نیم رسانای نوع  $p$  می شود (مثلاً



در کانیهای مثل کالکوسیت ( $Cu_2S$ ) و کالکوپیریت ( $CuFeS_2$ ) یافت می شود. در این کانیها غلظت مس پایین است از این رو آنها را در دستگاه مخصوص با آب و یک ماده فعال سطحی به وسیله جریان هوا بهم می زنند ذرات کانی مس به طور جزئی اکسید شده به صورت کف در سطح مایع جمع می شود:



و در مرحله ذوب کاری داریم:

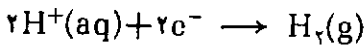
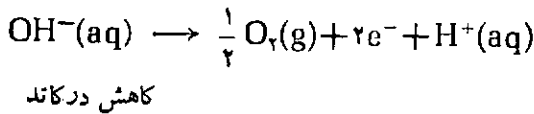
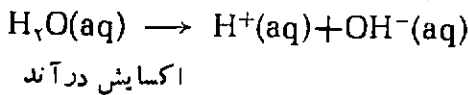


این مس که مس تاوولی نامیده می شود برای مصارف صنعتی مناسب نیست. از این رو، آن را به عنوان آند در دستگاه الکترولیز که حاوی محلول الکترولیت  $H_2SO_4/CuSO_4$  است به کار می برند و به عنوان کاتد از مس خالص استفاده می شود از این راه درجه خلوص مس را به  $99.5\%$  می رسانند. ناخالصیها در مس تاوولی یا به درون محلول وارد می شوند و یا اینکه به ته ظرف الکترولیز می روند. لجن آندی اغلب دارای  $Au$  و  $Ag$  و فلزات گروه پلاتین ( $Pd, Pt$ ) است.

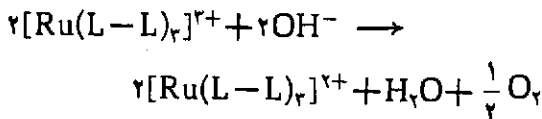
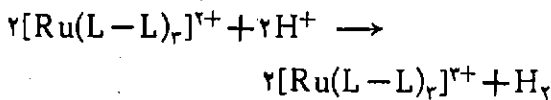
تهیه کلر - کلر در بین هالوژنها از نظر صنعتی از همه مهمتر است. کلر به طور عمده به صورت  $Cl^-$  در آب دریا و به صورت  $NaCl$  در دریاچه های نمک که اکنون خشک شده اند یافت می شود. کلر به صورت تجارتنی از الکترولیز آب نمک تهیه می شود. در سلول الکترولیز از دیافراگم اسبست استفاده می شود تا از تماس گازهای واکنش پذیر

قوی یا لیزرها) را به يك فتوآند نیم رسانای نوع n مثل  $\text{TiO}_2$  و  $\text{SrTiO}_3$  بتابانند، در نیم رسانا، الکترون از نوار والانس به نوار رسانایی ارتقا پیدا می کند و در آنجا این الکترون برای انجام يك فرایند الکتروشیمیایی در محلول به کار گرفته می شود.

در سالهای اخیر مطالعات زیادی در زمینه تجزیه فتو-شیمیایی آب انجام گرفته است البته سیستمهای موجود هنوز در حدی نیستند که بهره برداری از آنها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و يك دلیل آن بازده کم و خوردگی فوق العاده این سیستمها است. حتی اگر برای این مشکلات فائق آیند ذخیره سازی هیدروژن خود مسأله جداگانه ای است و در این مورد پیشنهاد شده که  $\text{H}_2(\text{g})$  را به صورت هیدریدهای درون شبکه ای (interstitial) (مثلاً  $\text{TiH}_x$ ) ذخیره سازی کنند:



کمپلکسهای فلز واسطه نظیر  $[\text{Ru}(\text{bipy})_3]^{2+}$  (bipy = بی پیریدیل) که واکنشهای فتوشیمیایی ردوکس انجام می دهند نیز به طور گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته اند:



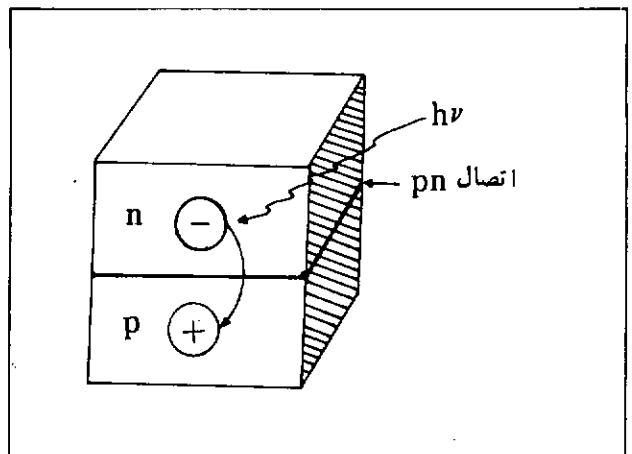
$\text{L}-\text{L}$  = نماینده يك لیگاند دو دندانه ای مثل بی پیریدیل است.

### بازیابی نقره عکاسی

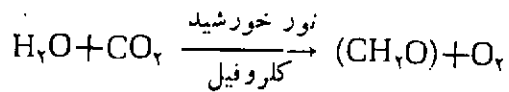
از نمکهای نقره به مقدار زیاد در تهیه فیلم مخصوص فیلمهای رادیوگرافی برای مصرف در بیمارستانها استفاده می شود. با توجه به ارزش نقره، بازیابی آن از فیلمهای

(Si/In) و در اینجا يك محل خالی مثبت را پر می کند. این جریان الکترونها يك جریان الکتريکی را به وجود می آورد که از آن می توان برای به کار انداختن اجزای متعدد يك سفینه استفاده کرد.

اگرچه با استفاده از این نوع سلولهای خورشیدی می توان نور را به الکتريسته تبدیل کرد ولی با توجه به دوره ای بودن منبع نور حداقل در سطح زمین، مشکلی که پیش می آید ذخیره سازی انرژی اضافی تولید شده طی روز و بهره برداری از آن به هنگام شب است. يك راه حل این است که این تبدیل فتوگالوانی را با يك فرایند الکتروشیمیایی که تولیدکننده



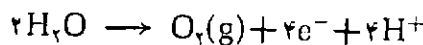
سوخت باشد، جفت کنیم. مثلاً آب را به  $\text{H}_2(\text{g})$  و  $\text{O}_2(\text{g})$  تبدیل کنیم. در طبیعت، کلروفیل a این کار را انجام می دهد و این واکنش بنیادی، پایه و اساس حیات بر روی این کره خاکی است:



به ازای هر مول  $\text{CO}_2$

$$\Delta H = 270 \text{ kJ} \quad \text{و} \quad \Delta G = 500 \text{ kJ}$$

واکنش فتوشیمیایی اساسی در اینجا شکافتن مولکول آب است:



برای کاهش يك مولکول دی اکسید کربن تا سطح

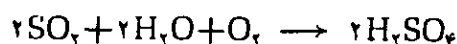
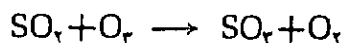
کربوهیدرات، 4 الکترون نیاز دارد.

چنانچه انرژی خورشید (در آزمایشگاه، نور مرئی از لامپهای



این اکسید را می‌کاهند. مناسفانه یکی از محصولات فرعی در مرحله برشته کردن، تشکیل  $SO_2$  است که گازی فرار است و با وارد شدن آن در جو زمین، آلودگی هوا و تشکیل باران اسیدی را موجب می‌شود.

دی‌اکسید گوگرد کاملاً سمی است. یکی از منابع  $SO_2$  در شهرهای صنعتی سوزاندن زغال سنگ است. همچنین در اتومبیل‌هایی که محتوای گوگرد در سوخت مصرفی بالا باشد،  $SO_2$  تولید می‌شود. آتشفشانها نیز از طریق کاهش سولفات‌های فلزی مذاب در لایه‌ها منبع دیگر تولید  $SO_2$  هوا است. دی‌اکسید گوگرد در فضا به  $SO_3$  و سراتانجا  $H_2SO_4$  به تبدیل می‌شود یا این که با آمونیاک موجود در فضا که از فاسد شدن ماده آلی نیتروژن دار حاصل می‌شود،  $(NH_4)_2SO_4$  و  $NH_4HSO_4$  می‌دهد. این مواد به وسیله مولکول‌های آب در جو پوشیده می‌شوند و آتروسول‌هایی را تشکیل می‌دهند که به شکل باران اسیدی به زمین باز می‌گردند. دی‌اکسید گوگرد در جو فوقانی با ازن ترکیب می‌شود و تولید  $SO_3$  می‌کند. پاره‌ای از واکنش‌هایی که در جو فوقانی انجام می‌گیرند به قرار زیر است:

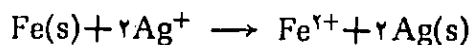


اغلب اثر باران اسیدی را، به علت وزش بادهای جوی که موجب جا به جا شدن ابرهای باران می‌شود، در فواصل دورتر از محل تولید  $SO_2$  مشاهده می‌کنیم؛ مثلاً باران اسیدی از ااره Ruhr در شمال آلمان غربی موجب از بین رفتن جنگلهای منطقه جنوبی آلمان غربی می‌شود. از بین رفتن جنگلهای مستقیماً به قدرت اسیدی باران بستگی ندارد بلکه مربوط به شسته شدن فلزات از درون خاکها و سنگها است.

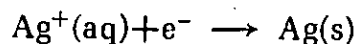
بسیاری از مجسمه‌ها و آثار تاریخی دنیا از سنگ مرمر  $(CaCO_3)$  است و باران اسیدی کربنات با کلسیم تشکیل  $CaSO_4$  می‌دهد که انحلال پذیری بیشتری دارد و به تدریج شسته می‌شود و به این آثار آسیب می‌رساند.

برای کنترل میزان  $SO_2$  که در هوا رها می‌شود در صنعت نفت سعی بر این است که گوگرد ترکیبی موجود در نفت خام را قبل از تبدیل نفت خام به بنزین، جدا کنند یا در کارخانه‌ها گازهای خروجی را از بستر  $CaCO_3$  و تفاله‌های بازی عبور می‌دهند.

عکاسی و رادیوگرافی و همچنین از محلول‌هایی که برای ظاهر کردن عکس مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجه است. نمکهای نقره در این فیلمها معمولاً به صورت هالیدهای نقره ( $AgBr$ ،  $AgCl$ ) است؛ چون به نور حساس‌اند. فیلمهای پلاستیکی را با ژلاتین حاوی نمکهای نقره پوشش می‌دهند این نمکها وقتی در معرض نور یا پرتوهای X قرار گیرند تحت تأثیر واقع می‌شوند و در امولسیون ژلاتین در مرحله ظهور (با هیدروکینون) به نقره فلزی کاهش می‌یابند و آن قسمتی که تحت تأثیر نور قرار نگرفته با تشکیل کمپلکس با سدیم تیوسولفات (دوای تیوت) که کمپلکس  $Na_2[Ag(S_2O_3)_2]$  را می‌دهد بیرون کشیده می‌شود. فلز نقره بر روی فیلم باقی می‌ماند. از این رو برای بازیابی نقره ابتدا فیلم را می‌سوزانند و سپس یون  $Ag^+$  باقیمانده در خاکستر را با گرما دادن با پشم فولادی یا به طریق الکتروشیمیایی با استفاده از کاتد نقره‌ای کاهش می‌دهند:



یا



### پیرو متالورژی

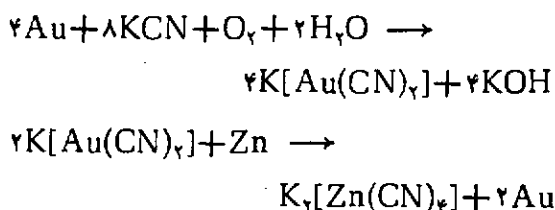
#### باران اسیدی

استخراج بسیاری از فلزها ابتدا شامل برشته کردن کانی سولفید مثل نیپلریت ( $NiS$ )، مولیبدینیت ( $MoS_2$ ) و نیپلاندینیت ( $Co_3S_4$ ) است که اکسید فلز را می‌دهد و سپس

## هیدرومتالورژی

در استخراج فلزها به طریق پیرومتالورژی، علاوه بر مشکل آلودگی هوا، مسأله تأمین انرژی هم مطرح است. از این رو در صنعت دائماً در جستجوی راههای جدیدی هستند و یکی از این راهها، هیدرومتالورژی است که برای استخراج مس و طلا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای استخراج طلا، کانه خرد شده را با محلول سیانید پتاسیم واکنش می‌دهند و سپس کمپلکس حاصل را بسا پودر روی ترکیب می‌کنند:



البته در اینجا هم دور ریختن محلولهای سیانید مصرف شده که دارای کمپلکسهای مختلف سیانید است خود برای محیط زیست خطراتی را ایجاد می‌کند.

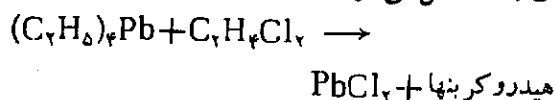
## خیسیدن طبیعی اجسام سمی که در معرض هوا قرار دارند

باران در هر چرخه زیست محیطی يك جزء مهم به شمار می‌آید. آب از آن جهت که حلال بسیار خوبی است بتدریج انواع مواد ناخواسته را از پوسته زمین از راه خیساندن در خود حل می‌کند و بسیاری از این مواد برای انسان سمی‌اند. آرسنیک در طبیعت به طور پراکنده به صورت کانیهای مثل  $As_2S_3$  و همچنین با عنصر هم گروه خود، فسفر در سنگ فسفات مثل  $Ca_5(PO_4)_3OH$  یافت می‌شود. کانیهای فسفات را خرد می‌کنند و اغلب مستقیماً به عنوان کود شیمیایی به کار می‌برند از این رو ترکیبات آرسنیک‌دار به‌طور ناخواسته با مواد غذایی در تماس قرار می‌گیرند. تصور می‌رود که آرسنیک به صورت ارسنات  $AsO_4^{3-}$  وارد آنها می‌شود و باکتریهای خاک  $As(V)$  را به  $As(III)$  می‌کاهند و متعاقباً ترکیب فوق‌العاده سمی کاتیون دی‌متیل آرسنیک  $(III)$ ،  $[As(CH_3)_2]^+$ ، ممکن است تشکیل شود.

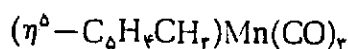
کادمیم يك عنصر سمی دیگر است که همواره با فلز روی همراه است. روی در فرایندهای زیست شناختی مختلف در آنزیمهای روی‌دار يك عنصر اساسی است. در بزرگسالان ۲ تا ۳ گرم روی در مقایسه با ۴ تا ۶ گرم آهن، وجود دارد. شیمی کادمیم شباهت زیادی به شیمی روی دارد و کادمیم در بسیاری از ترکیبات می‌تواند جانشین روی شود کادمیم را در ایجاد بیماری فشارخون مؤثر می‌دانند قرار گرفتن  $Cd$  به جای  $Zn$  در آنزیم کربو کسی پپتیداز ممکن است یکی از عواملی باشد که به بیماری فشارخون منتهی می‌شود. کربو کسی پپتیداز کادمیم‌دار دیگر نمی‌تواند اثر بیولوژیکی آنزیم روی‌دار را داشته باشد. مسمومیت به وسیله  $Cd$  ساختمان درونی استخوان را به طور جدی تضعیف می‌کند و به مرض  $Itai - Itai$  که فوق‌العاده دردناک است، منجر می‌شود.

طی ۲۵ سال گذشته معلوم شده است که فلز جیوه در شرایط آبی به وسیله باکتری معینی مستقیماً به کاتیون انحلال پذیر در آب، متیل مرکوری  $(II)$ ،  $[HgCH_3]^+$ ، تبدیل می‌شود. این کاتیون انحلال پذیر جیوه متأسفانه در بدن ماهی جمع می‌شود و می‌تواند از این راه وارد زنجیره غذایی انسان شود. مسمومیت به وسیله جیوه به مغز آسیب جدی می‌رساند تماس طولانی با بخار جیوه موجب افسردگی و دیوانگی می‌شود.

آلودگی هوا مربوط به سرب که از اضافه کردن تترا اتیل سرب  $(IV)$ ،  $(C_2H_5)_4Pb$ ، به بنزین اتومبیل نتیجه می‌شود يك مسأله جدی از نظر حفظ محیط زیست است. آلوده کننده‌های سرب‌دار در هوا  $PbCl_2$ ،  $PbBr_2$  و  $PbBrCl$  است که از واکنش تترا اتیل سرب با دی کلرید و دی برمید اتیان (که به عنوان مواد افزودنی به بنزین اضافه می‌کنند) در دمای بالا حاصل می‌شود:



این ترکیبهای سرب‌دار، سرانجام در آبها و رودخانه‌ها راه پیدا می‌کنند. يك منبع دیگر آلودگی از سرب مربوط به دور ریختن باطریهای انبارده‌ای سربی است. یکی از ترکیبهایی که برای جانشین کردن  $(C_2H_5)_4Pb$ ، امیدبخش به نظر می‌رسد، يك ترکیب آلی فلزی به فرمول



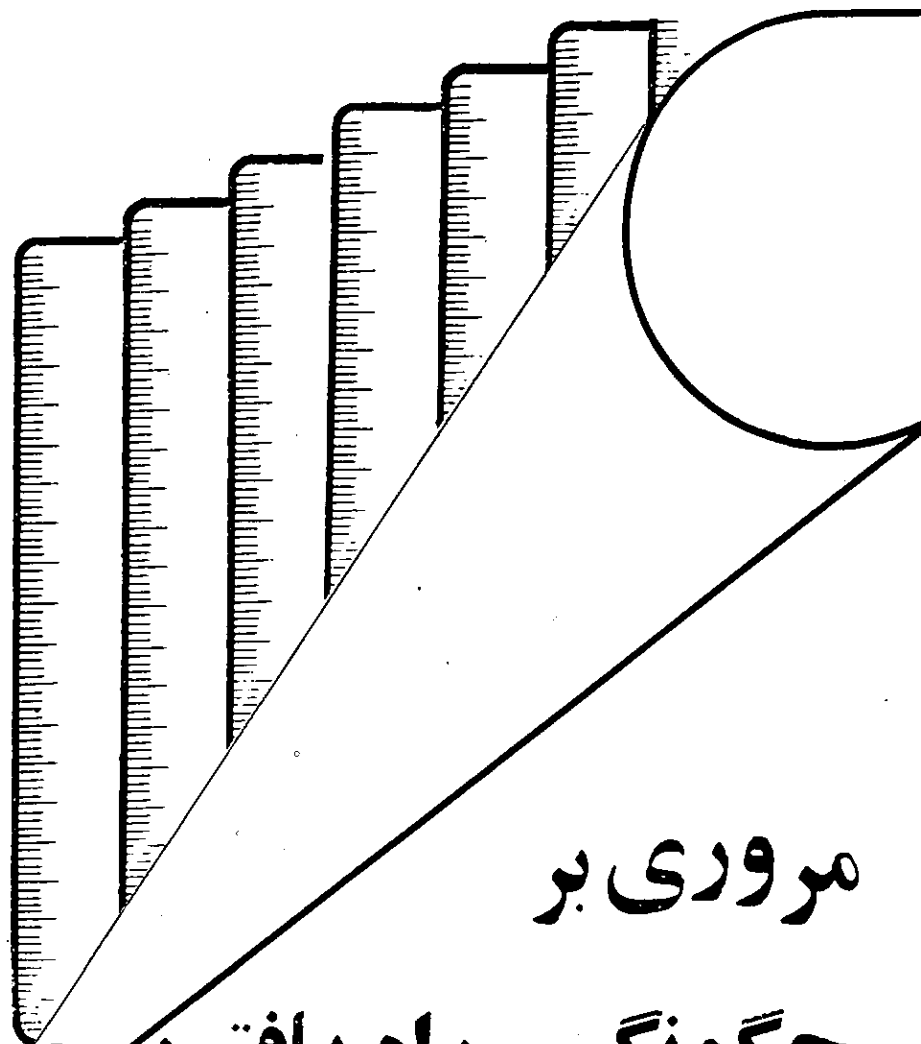
است.

## بحث تاریخی

الف - تاریخچه علم شیمی  
شیمی از عهد باستان تا به امروز تقریباً سه دوره تاریخی کاملاً ویژه را پشت سر گذاشته است؛ یکی شیمی در دوران پیش از رواج کیمیاگری، دیگری دوران کیمیاگری و سومی شیمی در دوران پس از کیمیاگری.

دوران پیش از کیمیاگری از چند هزار سال پیش از میلاد تا حدود سده سوم پیش از میلاد را دربر می‌گیرد. در این دوران شیمی شامل برخی هنرهای عملی مانند تولید عده‌ای از فلزهای قدیمی و به‌کار بردن آنها، سفالگری، تخمیر و پخت و پزها، تهیه برخی از رنگها و لعابها، ساختن شیشه، و برخی آبگینه‌ها، استخراج برخی عصاره‌های گیاهی و جمع‌آوری دارو- های گیاهی و ... بوده است. از مطالعات باستان‌شناسی آشکار شده است که اینگونه هنرهای عملی در بین مردمان سرزمینهای بین‌النهرین، مصر، چین، یونان باستان و احياناً هند رایج بوده است و استادکاران ماهری در هر يك از هنرهای یاد شده در آن سرزمینها به وجود آمده‌اند.

یکی از ویژگیهای مهم این دوران آن است که تنها به‌جنبه‌های عملی هر يك از زمینه‌های بالا توجه می‌شده و به مبانی نظری و اصول شیمیایی آنها عنایتی نمی‌شده است. شاید با اطمینان بتوان گفت که موضوع مبانی نظری و اصول شیمیایی فرایندهای مربوط، مطلبی بسیار فراتر از اندیشه استادکاران آن زمان بوده است و از این نظر آنان بهره‌چندانی نداشته‌اند. با این همه، در سرزمینهای یونان قدیم در سه سده از ۶۰۰ تا ۳۰۰ پیش از میلاد فلاسفه و اندیشمندان بزرگی پا به‌زندگی نهادند



# مروری بر

# چگونگی راه یافتن

# اندازه‌گیری در شیمی

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

دکتر حسین آقائی دانشیار دانشگاه تربیت معلم

همراه با معرفی برخی مفاهیم اساسی مربوط به محاسبات وزنی در شیمی، شیوه‌های جدیدی را که امروز در محاسبات وزنی به‌کار می‌روند، به بحث خواهیم گذاشت.

در این نوشته نخست بحث کوتاهی را پیرامون تاریخچه علم شیمی خواهیم داشت و پس از آن به‌چگونگی راه یافتن اندازه‌گیری در شیمی از لحاظ تاریخی خواهیم پرداخت. سرانجام



که بیشتر کوشش خود را صرف مباحث نظری و تبیین جهان هستی نمودند. در این میان دو نظریه آنان در ارتباط با شیمی جالب به نظر می‌رسد: الف - این نظریه که همه اجسام از چهار عنصر آب، خاک، آتش و هوا به نسبت‌های مختلف درست شده‌اند. (در یونان باستان، آب، خاک، آتش و هوا را به عنوان عنصر می‌شناختند). ب - نظریه ذره‌ای بودن ماده؛ یعنی هر ماده‌ای از واحدهای مجزا و متمایزی به نام اتم درست شده است. این نظریه نخست توسط لوسیپوس<sup>۱</sup> در حدود ۴۵۰ سال پیش از میلاد ابراز شد و سپس توسط شاگرد و پیرو او دموکریتوس<sup>۲</sup> (۴۷۰ - ۳۸۰ پیش از میلاد) تکامل یافت. دموکریتوس واحد مجزا و متمایز ماده را اتم نامید. اتم (atom) به معنای «غیر قابل تقسیم» است. کلمه اتم از واژه atomos که یونانی است گرفته شده است. این واژه از جزء tomos به معنای تقسیم پذیر و a که حرف نفی است، درست شده است. دموکریتوس فکر می‌کرد اتم‌های هر عنصر رایج در آن زمان از نظر اندازه و شکل متمایز از اتم‌های عناصر دیگر است. (در آن زمانها به عناصر چهارگانه آب، خاک، آتش و هوا اعتقاد داشتند) و این اتمها با تغییر اندازه و شکل می‌توانند به اتم‌های دیگر تبدیل شوند. افلاطون<sup>۳</sup> نیز تا حدودی این نظر را قبول داشت، اما ارسطو<sup>۴</sup> وجود اتم را قبول نداشت و می‌گفت عناصر چهارگانه و از آنجا همه اجسام از ماده اولیه یکسانی درست شده‌اند که تنها از نظر شکل ظاهری با هم تفاوت دارند. مخالفت ارسطو و برخی فلاسفه بزرگ دیگر یونان با نظریه اتمی باعث شد که این نظریه برای دورانی بس طولانی و در حدود بیش از دو هزار سال از پیشرفت و تکامل باز ایستد. (نظریه اتمی جدید در طی

سالهای ۱۸۰۳ تا ۱۸۰۸ میلادی توسط دالتون<sup>۵</sup> از نو توسعه یافت.) نکته‌ای که یاد کردن آن در اینجا کاملاً ضروری است، این است که فلاسفه یونان قدیم به تجربه و آزمایش علاقه‌ای نداشتند و علاوه بر آن برای آنها امکانات لازم برای انجام تجربه‌های وسیع و عمیق نیز فراهم نبود. آنها از راه استدلال عقلی و ذهنی و با توجه به برخی اصول اولیه پذیرفته شده، به نتایج مورد نظر خود دست می‌یافتند. برای مثال در حالی که دموکریتوس تقسیم پذیری ماده تا بینهایت را غیر ممکن و آنرا مفایر با عقل و منطق می‌دانست، اما ارسطو نمی‌توانست تصور وجود قطعه‌ای از ماده را که غیر قابل تقسیم باشد، به خود و اندیشه خود بقبولاند.

دوران کیمیاگری شامل يك دوره طولانی دو هزار ساله از حدود ۳۰۰ پیش از میلاد تا ۱۶۵۰ پس از میلاد است. در زمان ارسطو (۲۸۴ - ۳۲۲ پیش از میلاد)، امپراتوریهای ایران و مصر توسط اسکندر مقدونی فتح شد (تعلیم و تربیت اسکندر از سیزده سالگی به مدت سه سال به عهده ارسطو بود) و از این راه بود که فرهنگ و دانش یونان باستان با فرهنگ و دانش مشرق زمین از جمله ایران و مصر در هم آمیخت و از آن فرهنگ نوی به نام فرهنگ هلنی شکل گرفت. کیمیاگری به نوبه خود یکی از نتایج اتحاد میان دانش یونان باستان، ایران و مصر قدیم است. در این اتحاد فلسفه نظری یونان باستان و هنرهای عملی شرقیان به هم پیوند یافت و زمینه يك دوران شکوفایی علمی را فراهم ساخت. شیمی آن روزی نیز به نوبه خود بایستادهای چشمگیری قرین شد و دستگاه‌هایی مانند تقطیر، تبلور، تصعید، انوعاسی از کوره‌ها و اجاقها و... ساخته شد. برخی از فلزها تهیه، عده‌ای از آلیاژها

ساخته و برخی از معرفهای شیمیایی و محلولها شناخته شد.

علاقه شدید کیمیاگران در آن بود که بتوانند فلزات ارزان قیمت مانند آهن و مس را به طلا یا نقره تبدیل کنند. آنان در راه برآوردن این آرزو در تکاپو و جستجوی دایمی بودند. به انواع آزمایشها دست می‌زدند و از هیچ کوششی فروگذار نبودند. کیمیاگران معتقد بودند که فلزها قابل تبدیل به هم‌اند. آنها باور داشتند که در طبیعت چنین تغییر و تبدیلی رخ می‌دهد. مثلاً آنها می‌گفتند که در طبیعت فلزها از راه ستیز و تنازع به طلا تکامل می‌یابند. علاوه بر آن، کیمیاگران به وجود معرف یا ماده پسر قدرتی به نام اکسیر یا سنگ فیلسوف معتقد بودند که در خود قابلیت تبدیل فلزهای کم بها به فلزهای قیمتی مانند طلا و نقره را دارد. با آن که این آرزو یا رؤیای کیمیاگران بدانگونه که آنها می‌خواستند هرگز به حقیقت نپیوست اما در سایه تلاش خستگی‌ناپذیر آنها پایه‌های شیمی امروزی استوار گردید. در عصر حاضر به مدد علم شیمی می‌توان از مواد ارزان قیمت آنچنان فرآورده‌ها و داروهای ذی‌قیمتی را تهیه نمود که ارزش یا کارایی آنها بیش از طلا است.

در صدر اسلام هنر کیمیاگری گامی دیگر به جلو برده شد و این بدان جهت بود که تعلیم و تعلم در شرع مقدس اسلام جایگاه خاصی دارد و از ارزش والایی برخوردار است پیامبر اکرم (ص) و ائمه معصومین (ع) نیز علم و عالم را ستوده‌اند و مسلمانان را به فراگرفتن دانش ترغیب و تشویق نموده‌اند. با فتح ایران و مصر به دست مسلمانان، آنان با منابع علمی بسیار غنی این سرزمینها آشنا شدند و از همین راه یا هنر کیمیاگری آشنایی حاصل کردند. در بین مسلمانان صدر اسلام

کیمیایان بنامی چون جابر بن حیان (۷۶۰-۸۱۵ پس از میلاد) یکی از شاگردان امام جعفر صادق (ع)، ابوبکر محمد بن زکریای رازی (۸۵۰-۹۲۵ میلادی)، ابوعلی سینا (۹۷۹-۱۰۳۷ میلادی) پا به عرصه وجود گذاشتند. آنان علاوه بر دانستن علم کیمیا بر سایر علوم زمان خود نیز وقوف کامل داشتند.

در اینجا بد نیست در خصوص سیر تاریخی تبدیل نام کیمیا به شیمی و کیمیایر به شیمیدان مطلب کوتاهی داشته باشیم. برخیها معتقدند واژه کیمیا (Khemia) از کلمه مصری Khem به معنای سیاه گرفته شده است. این کلمه می‌تواند یادآور سرزمینهای حاصلخیز مصر، که کبر و میاه رنگ به نظر می‌آیند و همچنین فن سیاه‌گری که در مصر باستان رواج داشته است، باشد. در مقابل برخی دیگر معتقدند اصطلاح کیمیا از واژه یونانی Kheo به معنای ریخته‌گری یا Khumos به معنای شیر درخت گرفته شده است و از این نظر هنر کیمیایر در ارتباط با ریخته‌گری و کار با فلزها و یا هنر استخراج شیره مواد قرار می‌گیرد. در این میان یک پژوهنده هندی به نام مهدی حسن می‌گوید لفظ کیمیا از واژه چینی Chin به معنای عصاره طلا گرفته شده است. این کلمه در یکی از ایالت‌های جنوبی چین Kim-ya تلفظ می‌شده و اعراب که از راه تجارت با مردمان آن ایالت مراد داشتند آنرا از آنجا به دیگر نقاط جهان منتقل کردند.

در هر حال آنچه محقق‌تر است این است که اعراب از طریق ایران و مصر به علوم قدیم یونانی - ایرانی - مصری دست یافتند و در آن سرزمینها با هنر کیمیایر آشنا شدند. آنان واژه کیمیا را به الکیما برگرداندند اروپاییان از طریق تماس با اعراب

بعد از صدر اسلام با رموز هنر کیمیایر آشنایی یافتند و واژه الکی، Alchemy، را برای کیمیایر و الکیست، Alchemist) برای کیمیایر به کار بردند. در واقع اروپاییان اصطلاح الکی را برای یک دوره دو هزار ساله، از ۳۰۰ پیش از میلاد تا ۱۶۵۰ بعد از میلاد، در ارتباط با کلیه فعالیت‌هایی که امروز در حوزه علم شیمی قرار دارد، به کار می‌برند. سرانجام بویل<sup>۱</sup> یکی از دانشمندان بزرگ انگلیسی در قرن ۱۷، در سال ۱۶۶۱ میلادی کتابی تحت عنوان شیمیدان شکاک، «The sceptical chemist» نوشت و از آن به بعد بود که الکی به شیمی، Chemistry، و کیمیایر به شیمیدان، Chemist، تبدیل شد.

دوران پس از کیمیایر از حوالی نیمه دوم سده هفده آغاز می‌شود و به زمان حال می‌پیوندد. البته تا مدت‌ها پس از سده هفده باز هم عقاید کیمیایر در میان برخی از شیمیدانها رواج داشت و احتمالاً از سده نوزده به بعد، شیمیدانان یقین پیدا کردند که باور کیمیایران در خصوص اکسیر بی‌پایه است و از آن دست کشیدند.

در هر حال پیشرفت‌های اساسی علم شیمی از همان سده هفده آغاز شد و در سده‌های ۱۸ و ۱۹ دست‌آورد‌های شیمی بسیار انبوه و بی‌شمار بود. در سده بیستم علم شیمی چه از جنبه‌های نظری و چه از جنبه‌های کاربردی به پیشرفت‌های بسیار عظیم و حیرت‌آوری، که شاهد آن هستیم، دست یافته است.

بد اندازه‌گیری در شیمی اندازه‌گیری و محاسبات کمی در شیمی با تأخیر نسبتاً زیادی در مقایسه با فیزیک و نجوم رواج یافت. در سده ۱۷ اندازه‌گیری‌های دقیقی در فیزیک توسط گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲)

و ایساک نیوتن (۱۶۴۲-۱۷۲۷) به عمل آمد و قوانین اساسی فیزیک کلاسیک در چارچوب روابط ریاضی دقیقی طرح‌ریزی شد. با این همه تا یک سده بعد از آن، اندازه‌گیری‌های دقیق کمی در شیمی رواج نیافت و شیمیدانان تنها به مطالعات کیفی و شرح و بسط‌های توصیفی اکتفا می‌کردند. احتمالاً برخی از شیمیدانها اعتقادی به استفاده از ریاضیات در شیمی و اندازه‌گیری‌های کمی نداشتند. و شاید براین باور بودند که شیمی با ساختاری که دارد به دور از قانون‌پذیری و اندازه‌گیری‌های کمی است. برای مثال ایساک نیوتن در همان سالهایی که مشغول تدوین قوانین حرکات اجرام سماوی بر مبنای اصول فیزیک کلاسیک بود، سخت به کیمیایر نیز دل بسته بود و رؤیای ساختن طلا از فلزات دیگر را در سرمی‌پروراند، و گاه وبیگاه به عملیات کیمیایر می‌پرداخت، اما هیچگاه اندیشه به صورت قانون درآوردن نتایج کار خود در کیمیایر به‌خود راه نداد.

در اینجا لازم به یادآوری است، هر چند که اندازه‌گیری‌های کمی دقیق در شیمی با تأخیر زیادی در مقایسه با فیزیک رایج شد، اما در عین حال در اثنای سده‌های ۱۶ و ۱۷ اندازه‌گیری‌های

کمی پراکنده‌ای در شیمی صورت می‌گرفت. برای مثال وان هلسونت (۱۵۷۷-۱۶۴۴) نهالی را در گلدانی با یک مقدار خاک ثابت نشانده و از همان ابتدا گلدان و درخت را توزین کرد و پس از آن در جریان رشد درخت نیز به کار توزین گلدان با نهال ادامه داد. این کار وی در واقع یکی از اندازه‌گیری‌های کمی اولیه در شیمی و زیست‌شناسی به حساب می‌آید.

رابرت بویل در سال ۱۶۷۷ در پی اندازه‌گیری‌های زیادی در باب بستگی حجم گاز با فشار آن در دمای اتاق،

قانون خود را در این باره منتشر کرد. این قانون تا به امروز به نام قانون بویل درباره بستگی میان حجم و فشار یک مقدار گاز در دمای ثابت، معروف است.

گام مهم دیگری در خصوص اندازه گیری کمی در شیمی از طرف جوزف بلاک<sup>۷</sup> (۱۷۲۸-۱۷۹۹) برداشته شد. او برای دریافت درجه دکترای پزشکی در ۱۷۵۴، بر روی موضوعی شیمیایی پژوهش می کرد. در آن زمانها، پزشکی و مطالعه خواص کانیها باهم در ارتباط بودند. بلاک بر روی سنگ آهک یا کربنات کلسیم پژوهش می کرد. وی در یکی از آزمایشهای خود مقداری سنگ آهک را توزین نمود، سپس آن را به شدت گرما داد، سنگ آهک به واسطه گرمای شدید تجزیه شد و از خود گاز دی اکسید کربن را متصاعد کرد. بلاک پس از قطع کردن گرما، سنگ آهک باقیمانده را توزین کرد و از آنجا به

کاهش وزن آن در جریان گرما دادن پی برد. این آزمایش بلاک، سرآغازی برای شکل گیری قانون لاوازیه بود. البته، بلاک بررسیهای گسترده دیگری هم بر روی گاز حاصل از تجزیه سنگ آهک به عمل آورد و برای آن گاز، نام هوای ثابت بکار برد. بلاک نشان داد که این گاز جذب آب آهک می شود و با گازی که از سوختن چوب حاصل می شود یکی است.

هنری کاوندیش<sup>۸</sup> احتمالاً یکی از نخستین شیمیدانهایی است که به توزین حجمهای معینی از گازها پرداخته است. او در سال ۱۷۶۶ با اسلوب علمی به مطالعه خواص گاز هیدروژن، که خود آنرا تهیه کرده بود پرداخت و دریافت که این گاز از همه گازهای شناخته شده آن زمان سبکتر است. البته امروز می دانیم که هیدروژن از سبکترین گازها است.

گامهای اساسی در اندازه گیری

کمی در شیمی در سده ۱۸ توسط لاوازیه<sup>۹</sup> (۱۷۴۳-۱۷۹۴) شیمیدان فرانسوی برداشته شد. این شیمیدان از همان اوان پژوهشهای علمی خود به اهمیت اندازه گیری دقیق در شیمی پی برد و بر آن تأکید ورزید. در اولین کار مهم خود در سال ۱۷۶۴ نسبت اجزای سازنده در ژئپس طبیعی یا سولفات کلسیم آبدار را معین کرد. او نمونه ای از ژئپس طبیعی را گرما داد و مقدار آب جدا شده از آن را تعیین نمود.

لاوازیه در سال ۱۷۷۰ برای آزمودن عقیده فلاسفه یونان باستان درباره عنصر بودن آب و قابلیت آن برای تبدیل به خاک شدن با گرم کردن طولانی آن، دست به آزمایش جالبی زد. او مقداری آب توزین شده را به مدت ۱۰۱ روز در ظرفی که بخار آب را پس از سرد کردن به داخل آب باز می گردانید جوشاند. در پایان این مدت ملاحظه کرد که وزن آب تغییری نکرده است و در طی این جوشیدن طولانی به هیچ روی آب به خاک تبدیل نشده است. وی با این آزمایش نشان داد که عقیده فلاسفه یونان باستان درباره قابلیت تبدیل آب به خاک نادرست است.

در عصر لاوازیه عقیده نادرستی برای توضیح فرایند سوختن رواج داشت. مطابق آن عقیده اجسام در هنگام سوختن چیزی به نام فلورژستون<sup>۱۰</sup> از دست می دهند و از این رو وزن آنها در موقع سوختن بایستی کم شود. لاوازیه برای محک زدن به این عقیده مقداری سرب و قلع را پس از توزین، در بالن در بسته ای برای مدت نسبتاً طولانی گرما داد. او در جریان گرمادادن دید که بر سطح آن فلزها قشری از اکسید تشکیل می شود. وی پس از قطع گرم کردن و توزین مجدد فلزها مورد آزمایش، با ناباوری مشاهده کرد علاوه بر آن که از وزن فلزها در جریان گرم کردن چیزی کاسته نشده بلکه بروزن آنها هم افزوده

شده است. یقیناً این افزایش وزن به هیچ وجه براساس نظریه فلورژستون قابل توضیح نبود. از همین رو لاوازیه عقیده بوجود فلورژستون را مردود دانست و اعلام نمود که در جریان گرم کردن جزئی از اجزاء هوا به فلز راه می یابد و باعث افزایش وزن آن می شود. جالب این که لاوازیه ظرف و فلز و هوای درون آن را پیش از گرم کردن و پس از گرم کردن توزین نمود و از این راه دریافت که وزن کلی آنها تغییری نکرده است.

پس از این آزمایش بود که لاوازیه توانست توضیح درستی در خصوص احیای اکسیدهای فلزی به کمک زغال سنگ را اعلام دارد. طرفداران نظریه فلورژستون می گفتند به هنگام گرما دادن کانیهای فلزی با زغال سنگ، مقداری فلورژستون از زغال به اکسید راه می یابد و آنرا به فلز تبدیل می کند. اما توضیح لاوازیه بدینسان بود که

کانیهای فلزی (منظور همان اکسیدهای فلزی است) شامل فلز و یک گاز است. از این رو به هنگام گرمادادن این گونه کانیها با زغال سنگ، گاز یادشده از کانی جدا شده و به زغال می پیوندد و فلز را آزاد می کند. (بد نیست به خاطر داشته باشید که در آن ایام اکسیژن و خواص آن ناشناخته بود و هوا را به عنوان یک عنصر می پنداشتند).

لاوازیه به کمک این اندازه گیریها توانست یکی از بزرگترین قوانین شیمی را تدوین نماید. وی بیان داشت در جریان واکنشهای شیمیایی، جرم کلی مواد شرکت کننده در واکنش ثابت می ماند. به عبارت دیگر جرم مواد اولیه به کار رفته در یک واکنش با جرم مواد حاصل یکی است. این بیان همان طور که می دانید همان قانون بقای جرم را می رساند.

اندازه گیریهای به عمل آمده و قانون لاوازیه به بسیاری از باورهای

نادرست در شیمی پایان داد و راه را برای پیشرفت و تکامل شیمی جدید هموار ساخت. در سایه قانون لاوازیه بود که شیمیدانان پذیرفتند موضوع علم شیمی باید شامل مطالعه خواص موادی باشد که به توزین درآیند یا قابل اندازه گیری باشند و بدینسان بود که به کلیه اصول موهوم و اسرارآمیزی که در کیمیاگری رواج داشت، خاتمه داد

میخائیل واسیلیویچ لومونوسوف (۱۷۱۱-۱۷۶۵) شیمیدان نامدار روسی نیز به نوبه خود سهم مؤثری در به کار بردن اندازه گیری در شیمی دارد. این دانشمند در سال ۱۷۵۶ نزدیک به بیست سال پیش از لاوازیه مطالعاتی را در زمینه سوختن اجسام در هوا به عمل آورد. وی در اظهار نظرهای خود نظریه فلورزیستون را مردود دانست و فرایند احتراق را نتیجه ترکیب شدن اجسام با جزئی از هوا دانست. متأسفانه چون لومونوسوف کارهایش را در روسیه منتشر می ساخت لذا آنها به موقع به اطلاع دانشمندان اروپایی از جمله لاوازیه نرسید.

لومونوسوف در ارتباط با ماهیت گرما و اتمها نیز نظریات جدیدی ابراز داشت که بیش از ۵۰ تا ۱۰۰ سال جلوتر از زمان خودش بود.

در اینجا شاید بد نباشد که به برخی از باورهای نادرست آن زمان که از نظریه فلورزیستون گرفته شده بود اشاره ای کنیم. نظریه فلورزیستون توسط جورج ارنست اشتال<sup>۱۱</sup> (۱۶۶۰-۱۷۳۴) شیمیدان و فیزیکدان آلمانی برای توضیح دادن فرایند احتراق ارائه شد. مطابق این نظریه فلورزیستون جزئی از هر ماده قابل احتراق محسوب می شد، یعنی هر ماده قابل احتراق مقداری فلورزیستون در خود ذخیره دارد و در موقع سوختن چنین موادی فلورزیستون بتدریج از آنها خارج می شود و خاکستر باقیمانده که غیر قابل اشتعال است فاقد

فلورزیستون می باشد. (فلورزیستون واژه ای یونانی است و به معنای برافروختن آتش می باشد).

اشتال، زنگ زدن فلزها را نظیر سوختن مواد قابل اشتعال در نظر می گرفت و در این رابطه اظهار می داشت که فلزها غنی از فلورزیستون اند. در جریان زنگ زدن، فلورزیستون خود را از دست می دهند و لذا زنگ حاصل، ماده ای

بدون فلورزیستون می باشد. به کمک نظریه فلورزیستون توانستند نخستین توضیح (هرچند نادرست) در خصوص احیای کانیهای فلزی به فلز را ارائه دهند. مطابق این توضیح وقتی کانی فلزی را که فاقد فلورزیستون است با زغال سنگ که غنی از فلورزیستون است گرما بدهند، مقداری فلورزیستون از زغال سنگ به کانی راه می یابد و از آنجا کانی به فلز، که غنی از فلورزیستون است، تبدیل می شود.

گفتیم ژوزف بلاک گازی را که از تجزیه سنگ آهک به دست آورد هوای ثابت نامید. از طرف دیگر یکی از دانشجویان بلاک دست به آزمایش جالبی زد. او موشی را در ظرف سر بسته ای پر از هوا مجبوس کرد و منتظر ماند تا اینکه موش در نتیجه ماندن در هوای سر بسته از بین برود. پس از آن شمی را در همان هوای سر بسته روشن نمود و منتظر ماند تا شمع هم خاموش شود. دست آخر مقداری فسفر را در همان هوایی که موش در آن مرده بود و شمع در آن خاموش شده بود برافروخت و صبر کرد که فسفر هم دیگر در آن هوا نسوزد. پس از آن در مجاورت هوای باقیمانده مقداری آب آهک قرار داد تا گاز دی اکسید کربنی که از تنفس موش و از سوختن شمع حاصل شده است جذب نماید. در پایان ملاحظه کرد که هوای باقیمانده نه برای تنفس خوب است و نه شمع در آن می سوزد و نه فسفر در آن مشتعل می شود. این دانشجو

که دانیل رادرفورد<sup>۱۲</sup> نام داشت و اهل اسکاتلند بود این آزمایش را در سال ۱۷۷۲ گزارش کرد و به گاز باقیمانده «هوای فلورزیستون شده» نام داد. او فکر می کرد در جریان تنفس موش، سوختن شمع و اشتعال فسفر مقدار زیادی فلورزیستون به داخل هوای درون ظرف راه یافته و آنرا از فلورزیستون سیر نموده است. گازی که رادرفورد جدا کرده بود در واقع همان گاز نیتروژن است که در گذشته به آن ازت می گفتند. ازت واژه ای یونانی است و به معنای ضد زندگی است.

کاوندیش در سال ۱۷۶۶ گاز هیدروژنی را که تهیه کرده بود هوای قابل اشتعال نامید و او فکر می کرد که شاید این گاز همان فلورزیستون خالص باشد. البته بعدها بود که از طرف لاوازیه نام هیدروژن برای آن انتخاب شد.

جوزف پریستلی<sup>۱۳</sup> در سال ۱۷۷۴ از تجزیه اکسید جیوه گاز اکسیژن را تهیه کرد و به آن «هوای عاری از فلورزیستون» گفت؛ زیرا می دید که اجسام در این گاز خیلی شدیدتر می سوزند تا در هوا و لذا این گاز بر مبنای نظریه فلورزیستون برای پذیرفتن فلورزیستون از مواد قابل اشتعال آمادگی بسیار بیشتری از هوا دارد.

در مجموع می توان گفت که شیمی در سرتاسر قرن هیجده تحت تأثیر نظریه فلورزیستون قرار داشت و شیمیدانان آن زمان اکتشافات خود را در سایه نظریه یاد شده تعبیر و تفسیر می کردند. هرچند که نظریه فلورزیستون نادرست بود اما این حسن را داشت که شیمیدانان را ترغیب می کرد که دست آوردهای خود را به نحوی تجزیه و تحلیل نمایند و به برخی چراها در شیمی پاسخ دهند. به دنبال کارهای لاوازیه، اندازه گیری در شیمی روز به روز توسعه بیشتری یافت و از این راه نتایج

بسیار درخشانی نصیب شیمیدانان شد. اسیدها، بازها به طور اصولی مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفتند. خنثی شدن اسیدها و بازها مورد مطالعه قرار گرفت. شیمیدان بزرگی از آلمان به نام ریختر<sup>۱۲</sup> مقادیر متفاوتی از اسیدهای مختلف که برای خنثی کردن مقدار معینی از یک باز لازم است به دقت معین کرد و از این راه، وسیله پی بردن به وزنهای هم ارز (اکیوالان گرم وزن) را فراهم آورد و در سال ۱۷۹۲ نتایج کارهای خود را منتشر ساخت.

شیمیدانهای فرانسوی معتقد بودند که نتیجه کار ریختر درباره خنثی شدن اسیدها با بازها در مورد انواع دیگر واکنشهای شیمیایی نیز درست است. در واقع آنان معتقد بودند که مسئله اکیوالان وزنی می تواند در مورد همه واکنشهای شیمیایی به کار رود. علاوه بر آن، آنها در این اندیشه بودند

که آیا در یک ترکیب، نسبت وزنهای عناصر تشکیل دهنده آن همواره ثابت است یا آن که بسته به روش تهیه آن ممکن است تا حد معینی متغیر باشد. برتوله<sup>۱۵</sup> یکی از طرفداران نظر اخیر بود، درحالی که لویی پروست<sup>۱۶</sup> از ثابت بودن نسبت وزنهای عناصر تشکیل دهنده یک ترکیب در هر شرایطی طرفداری می کرد. وی در سال ۱۷۹۹ با انجام آزمایشهایی نشان داد که نسبت بین وزنهای کربن، اکسیژن و مس در کربنات مس (II) همواره معین و ثابت است و این نسبتها به راه و روش تهیه کربنات مس در آزمایشگاه و یا به این که از کدام منبع طبیعی استخراج شده است هیچ بستگی ندارد و نسبت اجزای سازنده در کربنات مس همواره شامل ۵۳ قسمت وزنی مس، ۴ قسمت اکسیژن و ۱ قسمت کربن است. پروست تجزیه های دیگری از این نوع در مورد ترکیبهای دیگر به عمل آورد و قانونی در این باره به نام قانون نسبتهای معین

ارائه کرد.

جان دالتون<sup>۱۷</sup> شیمیدان انگلیسی در سال ۱۸۰۳ قانون نسبتهای چندگانه و در سال ۱۸۰۸ نظریه اتمی خود را به جهانیان عرضه کرد. نظریه اتمی دالتون زمینه های بسیار مساعدی را برای پیشرفت سریع شیمی جدید فراهم آورد و به کمک آن بسیاری از مسائل مربوط به شیمی قابل تعبیر و تفسیر شد.

گیلوساک<sup>۱۸</sup> در سال ۱۸۰۸ قانون ترکیب شدن حجمی گازها را بیان داشت. این قانون در مورد واکنشهایی که با واکنش دهنده ها و محصولات به حالت گاز سروکار دارند، با نتایج درخشانی همراه شد.

فرضیه مولکولی آووگادرو<sup>۱۹</sup> شیمیدان ایتالیایی در مورد گازها در سال ۱۸۱۱ پیشنهاد شد. این فرضیه که بعداً به صورت اصلی مسلم درآمد

برای توضیح بسیاری از واکنشهای فاز گازی مورد استفاده قرار گرفت. مطابق اصل یاد شده، حجمهای مساوی از گازهای مختلف در دما و فشار یکسان تعداد مولکولهای مساوی دارند.

در سال ۱۸۱۸ یک شیمیدان فرانسوی به نام دولن<sup>۲۰</sup> و یک فیزیکدان فرانسوی به نام پتی<sup>۲۱</sup> با همکاری یکدیگر قانونی را در مورد گرمای ویژه عناصر سنگین بدست آوردند. بر اساس قانون مذکور حاصلضرب گرمای ویژه فلزات سنگین در وزن اتمی آنها برابر مقدار ثابتی است (در حدود ۶ cal/k. mol) از قانون دولن و پتی در موارد زیادی برای تعیین جرم اتمی دقیق برخی از فلزات استفاده شد.

در سالهای نزدیک به ۱۸۰۷ برسلوس<sup>۲۲</sup> شیمیدان نامدار سوئدی توجه خود را به تعیین عناصر تشکیل دهنده اجسام مرکب معطوف داشت. در این راه بود که او وزنهای اتمی عناصر را با دقت کم نظیری با استفاده از قوانین

وزنی شناخته شده آن زمان معین کرد و آنرا در سال ۱۸۲۸ منتشر ساخت. این جدول بر مبنای وزن اتمی هیدروژن مساوی ۱ تنظیم شده بود و اغلب وزنهای اتمی در آن کسری بودند. برای مثال وزن اتمی اکسیژن در آن مبنا مساوی ۱۵/۹ شده بود.

در اینجا شایان ذکر است که یک شیمیدان انگلیسی به نام ویلیام پروت<sup>۲۳</sup> در سال ۱۸۱۵ اظهار داشت که کلیه

عناصر از هیدروژن درست شده اند. به بیان دیگر ماده ال مواد همه عناصر هیدروژن است. این اظهار نظر پروت طرفداران زیادی را پیدا کرد. زیرا می توانست وحدتی میان این همه عناصر گوناگون را برقرار سازد. انتشار جدول وزنهای اتمی برسلوس، ضربه محکمی را بر نظریه پروت وارد ساخت؛ زیرا نظریه پروت به هیچ روی نمی توانست جوابگوی وزنهای اتمی کسری باشد.

برای مثال در مورد اکسیژن با وزن اتمی ۱۵٫۹ می بایستی که اتم آن از ۱۵ اتم درست هیدروژن و  $\frac{۹}{۱۰}$  آن درست شده باشد که به هیچ روی با نظریه پروت قابل تفسیر نبود.

در دهه ۱۸۶۰ یک شیمیدان بلژیکی به نام استاس<sup>۲۴</sup> وزنهای اتمی را با دقتی فراتر از برسلوس تعیین ساخت و سپس در اوایل قرن بیستم شیمیدانی از امریکا به نام ریچاردز<sup>۲۵</sup> با دقت کم نظیر به این کار همت گماشت.

در همین بین عده ای از شیمیدانان به فکر تغییر مبناي جدول وزنهای اتمی افتادند. سرانجام به جای مبناي وزن اتمی هیدروژن، درست مساوی ۱، برای وزن اتمی، اکسیژن را عدد ۱۶۰۰۰۰ انتخاب کردند. بر این مبنا برای وزن اتمی هیدروژن تقریباً  $\frac{۱}{۱۶۰۰۰}$  به دست می آمد. این استاندارد (وزن اتمی اکسیژن مساوی ۱۶) تا اواسط قرن بیست پابرجا ماند.

13. Joseph Priestley
14. Benjamin Richter
15. Bertholet
16. Joseph Louis Proust
17. John Dalton
18. Joseph Louis Gay-Lussac
19. Amedeo Avogadro
20. Pierre Louis Dulong
21. Alexis Tlérèse Petit
22. Jöns Jakob Berzelius
23. William Prout
24. Jean Servais Stas
25. Theodore William Richards
26. William Francis Giauque

#### منابع مورد استفاده:

- 1- A Short History of Chemistry, by Issac Asimov
- 2- Chemistry by Charles E. Mortimer 6 th ed, 1986
- ۳- علم در تاریخ، مجلد اول، نوشته جان برنال، ترجمه اسدپور پیرانفر - کامران فانی، ۱۳۵۴
- ۴- علم در تاریخ، جلد دوم، نوشته جان برنال، ترجمه محمد حیدری ملایری - محسن ثلاثی - بهاءالدین خرمشاهی، ۱۳۵۶
- ۵- تاریخ علم، اثر جورج سارتون، ترجمه احمد آرام، چاپ دوم، انتشارات امیرکبیر، ۱۳۴۶
- ۶- زمینه تاریخی علم شیمی، نوشته هنری لایستر، ترجمه حسین بابایی، شرکت سهامی انتشار، ۱۳۶۴

درس شیمی بهتر است حتی الامکان از واژه «جرم» به جای وزن استفاده شود. در هر حال در هر جا هم که در شیمی کلمه وزن به کار رفته باشد معمولاً مراد از آن همان جرم می باشد.

وزن يك جسم در زمین ناشی از نیروی جاذبه ثقل زمین بر ذرات آن جسم است، درحالی که جرم آن به نحوی همان مقدار ساده تشکیل دهنده اش را می رساند. وزن جسم در نقاط مختلف زمین و در سایر مکانها برحسب فاصله آن تا مرکز زمین می تواند متغیر باشد، درحالی که جرم درحال سکون آن همواره ثابت می ماند. همان طور که می دانیم چون در شیمی سروکار با اتمها و مولکولها و... و توده های انباشته از آنها است، و از طرفی جرم يك جسم هم بیانگر همان میزان اتمها و مولکولها و... در آن جسم است، پس در مطالعات و محاسبات شیمیایی درست تر آن است که به جای وزن از همان کمیت «جرم» استفاده شود. با این وجود همان طور که گفته شد، اغلب چنین همگامی از طرف شیمیدانان مراعات نمی شود و آنها جرم و وزن را به طور یکسان در نوشته های خود به کار می برند.

#### زیر نویسها:

1. Leucippus
2. Democritus
3. Plato
4. Aristotle
5. John Dalton
6. Robert Boyle
7. Joseph Black
8. Henry Cavendish
9. Antoine Laurent Lavoisier
10. Phlogiston
11. George Ernest Stahl
12. Daniel Rutherford

در سال ۱۹۲۹ یکی از شیمیدانهای مشهور امریکا به نام زی اوک<sup>۲۶</sup> نشان داد که اکسیژن طبیعی مخلوطی از سه ایزوتوپ  $^{16}\text{O}$ ،  $^{17}\text{O}$  و  $^{18}\text{O}$  است که ۹۹/۸ درصد از آن شامل اکسیژن ۱۶ می باشد. به دنبال این کشف، فیزیکدانان جرم اتمی اکسیژن ۱۶ را مساوی ۱۶/۰۰۰۰ گرفتند و جدول وزنهای اتمی جدیدی را برای عناصر تنظیم کردند. بدینسان در آن ایام دو جدول برای وزنهای اتمی در دسترس بود یکی مربوط به شیمیدانان بر مبنای وزن اتمی اکسیژن طبیعی مساوی ۱۶ و دیگری مربوط به فیزیکدانان بر مبنای اکسیژن ۱۶ مساوی ۱۶. سرانجام در سال ۱۹۶۱، انجمنهای بین المللی شیمیدانان و فیزیکدانان بر روی استاندارد جدیدی برای تنظیم وزنهای اتمی توافق کردند. آنان ایزوتوپ کربن ۱۲،  $^{12}\text{C}$  را به عنوان معیار انتخاب کردند و جرم اتمی آنرا ۱۲/۰۰۰۰ در نظر گرفتند. این استاندارد همان است که جرمهای اتمی را بر مبنای واحد کربنی یا واحد جرم اتمی می سنجد و امروز مورد استفاده می باشد. جدول وزنهای اتمی امروزی بر مبنای جرم اتمی کربن ۱۲ مساوی ۱۲/۰۰۰۰ تنظیم شده است.

لازم می دانیم یادآور شویم که در آغاز راه یافتن اندازه گیری در شیمی، وزن مواد و نه جرم آنها مورد نظر بود. مثلاً عنوانهایی مانند وزن اجسام، محاسبه وزنی، وزن اتمی، جدول وزنهای اتمی سخن به میان می آمد. حتی امروز هم برخی از مؤلفان وزن و جرم را بدون در نظر گرفتن تفاوتشان از هم، به جای هم به کار می برند. مثلاً در کتابهای درسی شیمی، اغلب عنوانهایی مانند جدول وزنهای اتمی، وزن اتمی و نظایر آنها دیده می شود. در هر حال کمیت مورد مطالعه در شیمی، جرم مواد است و نه وزن آنها، از همین رو در

# « نقش سدیم در بدن آدمی »

ترجمه و تدوین: دکتر محمدحسین عزیزی

مقدمه:

مایع داخل سلولی تفاوت می‌کند. (شکل ۱)  
الکترولیت‌های اصلی در مایع خارج

سلولی عبارتند از:  
بیون سدیم، بیون کلرید و بیون کربنات

هیدروژن (بیکربنات)، در حالی که  
الکترولیت‌های عمده در مایع داخل سلولی را  
کاتیون‌های پتاسیم، منیزیم، کلسیم و آمونیوم‌های  
آلی از جمله پروتئین‌ها تشکیل می‌دهند.

مقدار سدیم در مایع خارج سلولی  
زیادتر از مقدار آن در مایع درون سلولی  
است و برعکس، میزان پتاسیم در مایع  
داخل سلولی بیشتر است. در واقع تفاوت  
ترکیب مایع خارج سلولی و داخل سلولی  
برای ادامه زندگی یاخته‌ها فوق‌العاده مهم  
است.

سوخت و ساز آب و سدیم در بدن انسان  
بایکدیگر رابطه نزدیکی دارد. مقدار کل  
آب در بدن یک مرد ۷۰ کیلوگرمی با  
فامت متوسط، حدود ۴۰ لیتر است (معادل  
۵۷٪ جرم بدن) که ۱۵ لیتر آن در مایعی  
که در خارج یاخته‌ها قرار دارد و به نام  
«مایع خارج سلولی» خوانده می‌شود،  
واقع است. مایع خارج سلولی خود از  
دو بخش تشکیل شده است که به آنها «مایع  
بین سلولی» و «پلاسمای خون» می‌گویند.  
مایعی را که درون یاخته‌های بدن است  
«مایع داخل سلولی» می‌نامند. ترکیب  
شیمیایی مایع خارج سلولی با ترکیب

## مایع خارج سلولی

## مایع داخل سلولی

سدیم	Na <sup>+</sup>	۱۴۲ mEq/L	۱۰ mEq/L
پتاسیم	K <sup>+</sup>	۴ mEq/L	۱۴۰ mEq/L
کلسیم	Ca <sup>++</sup>	۵ mEq/L	< ۱ mEq/L
منیزیم	Mg <sup>++</sup>	۳ mEq/L	۵۸ mEq/L
کلر	Cl <sup>-</sup>	۱۰۳ mEq/L	۲ mEq/L
کربنات هیدروژن	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	۲۸ mEq/L	۱۰ mEq/L
فسفات‌ها	Phosphates	۲ mEq/L	۷۵ mEq/L
سولفات‌ها	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	۱ mEq/L	۲ mEq/L
گلوکز	Glucose	۹۰ mg%	۲۰ تا ۵۰ mg%
اسیدهای آمینه	Aminoacids	۳۰ mg%	۲۰۰ mg%?
کلسترول	Cholesterol	} ۰/۵%	} ۰ تا ۹۵%
فسفر لیپیدها	Phospholipids		
چربی خنثی	Neutral fat		
فشار اکسیژن	Po <sub>2</sub>	۳۵ mmHg	۲۰ mmHg?
فشار دی‌اکسید کربن	Pco <sub>2</sub>	۴۶ mmHg	۵۰ mmHg?
پ - هاش	pH	۷/۴	۷/۰
پروتئین‌ها	Proteins	۲ g%	۱۶۹ g%
		(۵ mEq/L)	(۴۰ mEq/L)

شکل ۱: ترکیب شیمیایی مایع داخل و خارج سلولی

جدول ۱: تعادل سدیم (در يك فرد متوسط ۷۰ كيلوگرمی)

مصرف	سوخت و ساز	دفع
۱۵۰ میلی مول (میلی اکی والان)	۹۰۰ میلی مول ترشح در شیره روده (با جذب تقریباً کامل)	۱۰ میلی مول در مدفوع (و عرق)
۱۵۰	۲۶/۰۰۰ میلی مول تصفیه کلیوی (جذب مجدد تقریباً کامل است)	۱۴۰ میلی مول در ادرار
۱۵۰		۱۵۰

## عملکرد سدیم در بدن:

سدیم عمده ترین کاتیون در مایع خارج سلولی است که برای نگهداری فشار اسمزی طبیعی و تعادل آب در بدن لازم است. سدیم مهم ترین جزء «بازکلی» مایع خارج سلولی محسوب می شود، و قلیایی بودن ترشحات دستگاه گوارش را سبب می شود. عمل سدیم با برخی یون ها همناخت و با برخی دیگر متضاد است. به عنوان مثال می توان سلولهای عصبی، انقباض ماهیچه ها و تنظیم تراوایی غشاء باخته ها را ذکر کرد. پمپ سدیم (Sodium Pump) سبب ایجاد تفاوت های الکترولیتی بین مایع های خارج و داخل سلولی می شود.

## میزان سدیم در بدن:

مقدار سدیم در بدن به ازاء هر کیلوگرم جرم بدن حدود ۵۶ میلی اکی والان می باشد. البته میزان سدیم در بدن شیرخواران ۳۵ تا ۵۰ درصد بیش از بزرگسالان است؛ زیرا مقدار مایع خارج سلولی در بدن آنها بیشتر است. در فرآیند رشد به موازات کاهش نسبی حجم مایع خارج سلولی، میزان سدیم بدن نیز کاهش می یابد؛ به طوری که در ۲ سالگی مقدار سدیم به میزان افراد بالغ می رسد. اندازه گیری میزان کلسی سدیم در بدن مستقیماً امکان پذیر نیست، جز آن که جسد را تجزیه نمایند. اما تخمین میزان سدیم تقریبی بدن با استفاده از ایزو توپ های مانند  $^{24}\text{Na}$  (با نیمه عمر کوتاه) و یا  $^{22}\text{Na}$  (با نیمه عمر بلند) میسر است.

## توزیع سدیم در بدن:

حدود ۵۰ درصد سدیم بدن در مایع

واضح در کار نباشد، نیاز به سدیم اندک است.

## منابع غذایی سدیم:

عمده ترین منبع غذایی حاوی سدیم، نمک است که به طرز گسترده ای به عنوان محافظ مواد غذایی، هنگام طبخ و صرف غذاها به کار می رود. از نظر تاریخی، نمک در طول تاریخ انسان جایگاهی ویژه ای را به خود اختصاص داده است. در آیین حضرت موسی (ع) مصرف نمک به پیروان توصیه شده است و در انجیل اشاراتی در باب خواص گندزدایی و طعم افزایی نمک آمده است. در گذشته برده های یونانی با نمک خرید و فروش می شدند. و از آنجا که نمک کمیاب بود ارزش بسیاری داشت، به طوری که مالکیت نمک امتیازی بزرگ به حساب می آمد و عمارت های سلطنتی دارای انبارهای پراز نمک بود. امروز نمک به قدری پیش پا افتاده و معمولی به نظر می رسد که تنها کسانی که از مصرف آن محرومند و یا از آن منع شده اند قدر و قیمت آن را می دانند  
سدیم در غذاهای حیوانی از جمله شیر، تخم مرغ، گوشت، گوشت پرندگان، ماهی و برخی غذاهای گیاهی مانند اسفناج، کرفس، کنگرو... موجود است. میزان سدیم بسیاری از سبزی ها، میوه ها و حبوبات کم است.

خارج سلولی، ۴۰ درصد آن در استخوان و کمتر از ۱۰ درصد آن در مایع داخل سلولی است. از نظر غلظت، غلظت سدیم پلاسما خون، چهارده برابر غلظت سدیم داخل سلولی است.

## تنظیم سدیم در بدن:

تنظیم میزان سدیم در بدن به مقدار مصرف، جذب و دفع آن وابسته است. در فرد سالم در حالت عادی بین مصرف دفع سدیم تعادل دقیقی برقرار است (جدول ۱).

## مصرف سدیم:

این مصرف به عادات فردی بستگی دارد. مثلاً يك فرد بالغ در آمریکا معمولاً بین ۱۰۰ تا ۱۷۰ میل اکی والان سدیم در روز مصرف می کند (معادل ۶ تا ۱۰ گرم نمک) مصرف متوسط روزانه نمک بین ۶ تا ۱۵ گرم است که معادل ۲۵۰۰ تا ۶۰۰۰ میلی گرم سدیم می باشد. این مقدار خیلی بیشتر از حدود مورد نیاز بدن است. برخی از مردم به قدری به نمک علاقه مند هستند که نمک را بدون چشیدن طعم غذا به آن اضافه می کنند در حالی که عده ای غذای «کم نمک» را ترجیح می دهند.

مقدار دقیق مورد احتیاج سدیم بدرستی روشن نیست، اما در صورتی که تعریق



جدول ۲: مقدار سدیم در برخی از مواد غذایی

مقدار سدیم	ماده غذایی	۱۰۰ گرم / ۱۰۰ میلی مول یا ۱۰۰ سی‌لیتر
زیاد	نان سفید	۲۴
	پنیر	۲۷
متوسط	ماهی	۷
	تخم مرغ	۵/۹
	شیر تازه گاو	۲/۲
	کلم خام	۱/۲
کم	سیب زمینی	۰/۲۸
	آرد	۰/۱۵
	سیب	۰/۰۹
	آب پرتقال	۰/۰۷

### عدم تعادل سدیم در بدن:

هر گونه اختلال در غلظت سدیم در مایع خارج سلولی اثرات جدی بر فشار اسمزی و تعادل اسید و باز بدن ایجاد می‌نماید.

در بسیاری از حالت‌های غیر طبیعی، تعادل سدیم در بدن برهم می‌خورد. این حالت‌ها معمولاً به اختلال‌هایی در حجم مایعات بدنی منجر می‌شوند. به عنوان مثال حبس شدن در بدن سبب تجمع آب در بدن می‌شود و

«ورم»<sup>۲\*</sup> ایجاد می‌کند. از طرف دیگر از دست رفتن سدیم بدن می‌تواند به کاهش حجم خون منتهی گردد، که غالباً به همراه آن، آب بدن نیز از دست می‌رود و به کمبود آب بدن می‌انجامد. اگر مقدار سدیم در خون به کمتر از ۱۳۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر

برسد، نشانه این است که میزان سدیم از مایع خارج سلولی از مقدار آب موجود در آن کمتر است. کاهش خفیف سدیم خون علامت مختصری ایجاد می‌کند، اما کاهش شدیدتر آن سطح هوشیاری فرد را تغییر می‌دهد. جدول شماره ۳ علائم ناشی از کمبود سدیم را نشان می‌دهد. اگر میزان سدیم به کمتر از ۱۲۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر برسد، به دلیل حرکت آب از فضای

نیز کاهش می‌یابد. اگر سدیم موجود در رژیم غذایی فرد را بسیار محدود کنیم دفع سدیم از طریق کلیه‌ها عملاً به حد خیلی ناچیز می‌رسد، به طوری که تقریباً تمام سدیم مصرفی در بدن حفظ می‌شود.

دفع سدیم از راه کلیه‌ها عمدتاً توسط هورمونی بنام «آلدسترون» که از قسمت قشری غده فوق کلیه ترشح می‌شود، صورت می‌گیرد. به طور غیر مستقیم بر کلیه از طریق هورمونی «ضد ادراری (آنتی - بوریك)» بر غلظت سدیم اثر می‌گذارد.

در حالت طبیعی غلظت سدیم در عرق معمولاً بین ۵ تا ۴۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. از دست دادن سدیم از راه عرق بستگی به غلظت و حجم عرق دارد. در هوای بسیار گرم از دست رفتن سدیم از طریق تعریق به قدری بالاست که حالتی به نام «سندروم کاهش سدیم»<sup>۱\*</sup> ایجاد می‌شود. در هوای گرم مقدار دفع سدیم از راه عرق زیاد می‌باشد، که باید این

جدول شماره ۲، میزان سدیم را در برخی از مواد غذایی نشان می‌دهد.

### جذب سدیم:

جذب سدیم در دستگاه گوارش سریع و عملاً کامل است و تنها قسمت اندکی از آن از راه مدفوع دفع می‌شود. حداقل میزان جذب مربوط به معده و حداکثر آن در بخش میانی روده باریک (باژوونوم) است.

### دفع سدیم:

سدیم از راه ادرار، عرق و مدفوع دفع می‌شود. اما کلیه مهم‌ترین عضوی است که مسئولیت تنظیم دفع سدیم را بر عهده دارد. کلیه‌ها سطح سدیم را در بدن تنظیم می‌کنند. هنگامی که مصرف سدیم زیاد باشد، دفع آن نیز افزایش می‌یابد و برعکس اگر مصرف سدیم کم باشد میزان دفع آن

میزان کاهش سدیم بر حسب میلی‌مول (میلی‌اکی‌والان):

علائم	شیرخوار (۶ کیلوگرمی)	فرد بالغ (با وزن ۷۰ کیلوگرم)
● سرد و خاکستری شدن پوست	۳۰	۳۰۰
● تندی ضربان قلب ● کاهش فشارخون ● فرو رفتگی کره چشم و ملاج ● کاهش خاصیت ارتجاعی پوست	۶۰ - ۳۰	۶۰۰ - ۳۰۰
● شوک شدید ● کاهش فشارخون سلولی ● کاهش سدیم پلاسما ● کاهش اسمولاریته پلاسما	۱۰۰ - ۶۰	۱۰۰۰ - ۶۰۰

منابع:

- 1) ForFar, Text Book of pediatrics, 1990 P: 395, 398, 1313
- 2) Guyton, Text Book of Medical Physiology 1987 P: 88, 382
- 3) Nelson, s Text Book of Pediatrics, 1987 P: 310
- 4) Robinson, Normal and Therapeutic Nutrition P: 129-130

علی‌رغم آن‌که مقدار مصرف روزانه سدیم متغیر است، کلیه‌ها اصلی‌ترین نقش را در تنظیم سطح سدیم در بدن بر عهده دارند.

خارج سلولها به داخل سلولهای مغزی - تورم دریاخته‌های مغز ایجاد و سبب تشنج می‌گردد. طبق تعریف، افزایش سدیم خون زمانی است که میزان سدیم در سرم بیش از ۱۵۰ میلی‌اکی‌والان در لیتر باشد. این حالت را «هیپرناترمی»<sup>۳\*</sup> می‌نامند. افزایش سدیم خون هنگامی رخ می‌دهد که مقدار سدیم در مایع خارج سلولی نسبت به میزان آب آن افزایش یابد.

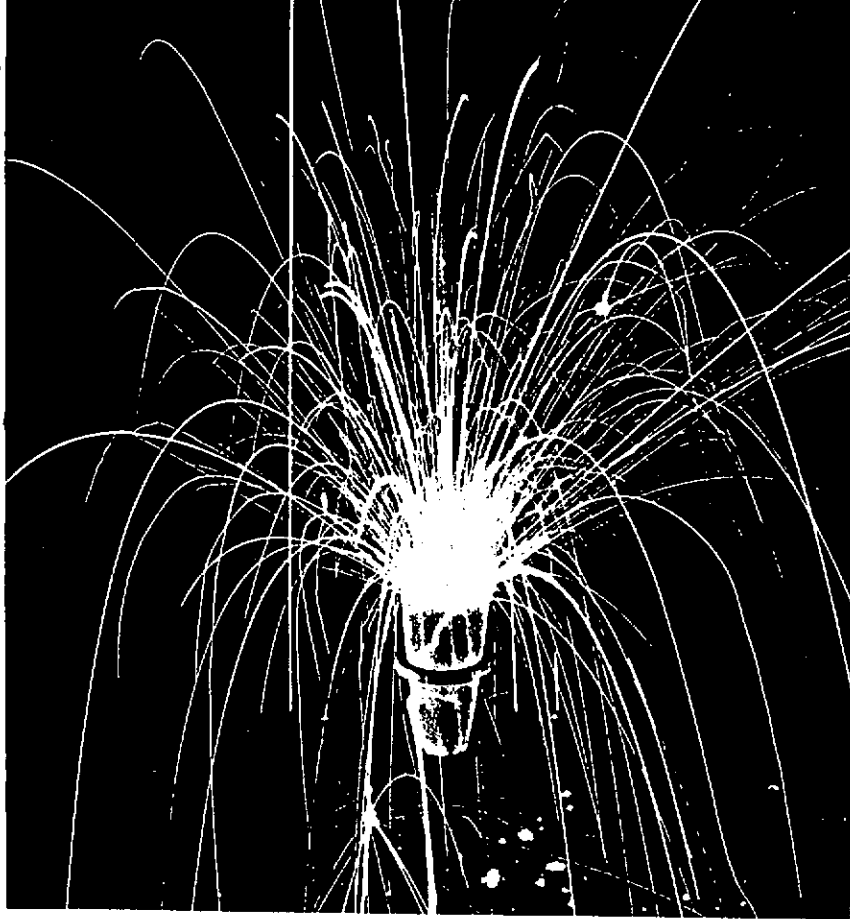
زیر نویسها:

- (۱)\* Sodium Depletion Syndrome (نشانه‌گان کمبود سدیم)
- (۲)\* Edema (ورم خین)
- (۳)\* Hypernatemia

خلاصه:

میزان سدیم در فرد سالم در شرایط عادی در محدوده معینی حفظ می‌شود،

# شیمی آتش بازی



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

ترجمه و نگارش: محمد احمدیان  
عضو هیأت علمی دانشگاه  
تربیت معلم کاشان

بلندی حاصل می‌شود. از طرف دیگر  
هنگامی که سوراخ کوچکی در یک سرلوله  
ایجاد شود، محصولات داغ گازی حاصل،  
از حفره بیرون می‌جهد و با این تجربه،  
نشسته متوند شد.

«پودر سیاه» در قرن چهاردهم راه خود  
را به اروپا، نه فقط برای مقاصد نظامی  
بلکه برای آتش بازی باز کرد. از هنگام  
انقلاب آمریکا، شیوه‌های فرمول‌دار کردن  
تولید مواد آتش بازی مورد استفاده قرار

گرفت که تاکنون نیز ادامه یافته است.  
قبل از قرن نوزدهم، «آتش بازی» جز  
صدا، فشفشه و حداکثر همراه با کمی رنگ  
چیز دیگری نبود. گاهی اوقات، مقداری  
زغال اضافی یا براده آهن افزوده می‌شد  
تا کمی رنگ نارنجی و طلایی حاصل  
نماید. در قرن نوزدهم پس از آنکه  
پرکلرات پتاسیم ( $KClO_4$ ) و کلرات پتاسیم  
( $KClO_3$ ) تهیه شد، این دو ماده به عنوان  
اکسیدکننده در آتش بازی استفاده شدند و

تکامل باروت یا «پودر سیاه» که  
مخلوطی از نیترات پتاسیم، زغال و  
گوگرد است، یکی از مهم‌ترین پیشامدهای  
اجتماعی بوده است. کشف این مخلوط که  
ظاهراً به ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد حضرت  
مسیح (ع) باز می‌گردد، به چینی‌ها نسبت  
داده می‌شود و آنها بودند که به گسترش فن  
آتش بازی همت گماردند. آنها همچنین  
دریافتند که پودر سیاه قرار داده شده در یک  
لوله بسته در اثر ضربه منفجر و صدای

نمک‌های مس، باریم و استرونیوم برای تولید رنگ به کار گرفته شدند. تولید منیزیم در حوالی سالهای ۱۸۶۵ و چندی بعد، تولید آلومینیم، موجب دستیابی به نور سفید و درخشان شد.

یک مخلوط آتش‌بازی به عنوان نمونه حاوی یک اکسیدکننده، سوخت، ماده چسبنده و ماده‌ای برای اثرات ویژه است (جدول ۱ و شکل زیر). توجه داشته باشید که

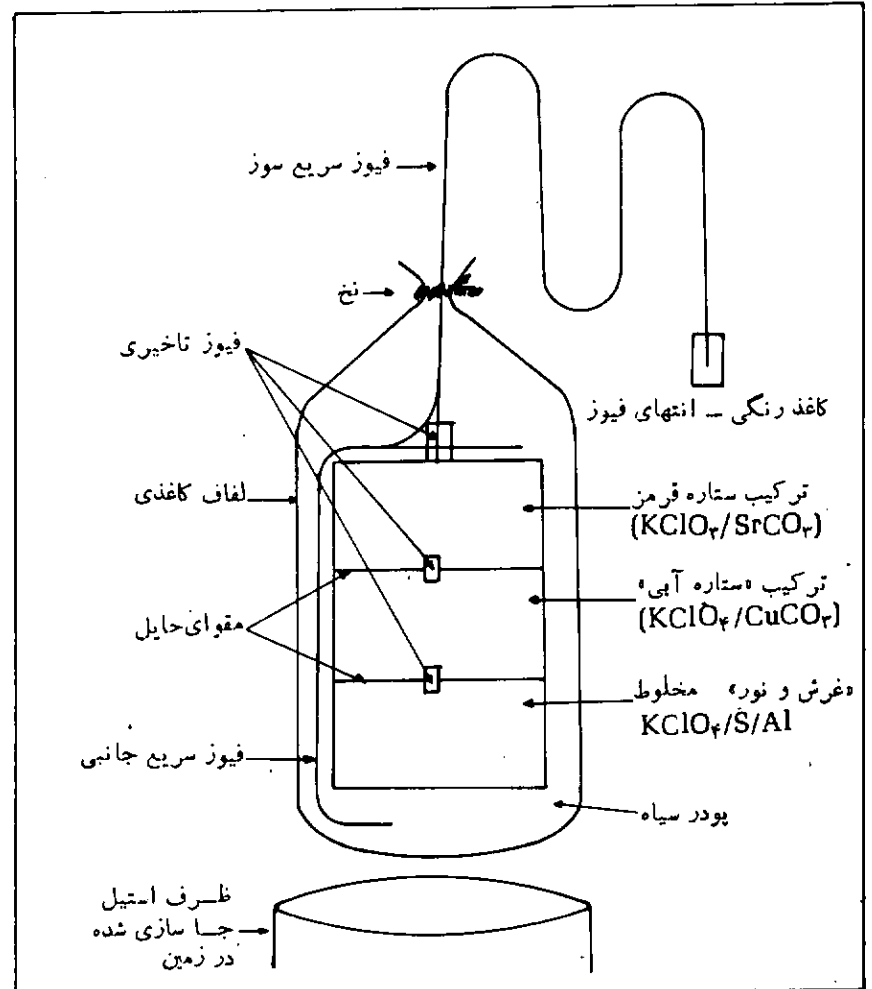
معمولاً از نمک‌های پتاسیم استفاده می‌شود زیرا نمک‌های سدیم دارای دو عیب مهم‌اند: آنها بسیار آبخیز هستند و رطوبت هوا را جذب می‌کنند و بنابراین در اثر انبار شدن، خشک باقی نمی‌مانند. علاوه بر این هنگامی که ترکیبهای سدیم گرما داده می‌شوند، رنگ زرد شدیدی که قادر به پوشانیدن دیگر رنگهاست، از خود ظاهر می‌کنند. علاوه بر  $KNO_3$  به عنوان اکسید

کننده،  $KClO_4$  و  $KClO_3$  نیز اگر چه با مشکلاتی، استفاده می‌شوند. مخلوط  $KClO_4$  و گوگرد به قدری خطرناک است که در سال ۱۸۷۵ استفاده از آن در انگلستان ممنوع شده بود. اگر چه  $KClO_4$  ایمنتر است اما مشکل در دستیابی به آن است. تنها یک تولیدکنندهٔ پرکلرات‌ها در ایالات متحده به طور انحصاری پرکلرات آمونیم تولید می‌کنند که این اکسیدکننده در موشک‌های پرتاب‌کننده با سوخت جامد، در سفینه‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر بار پرتاب سفینه، حدود ۱/۵ میلیون پوند پرکلرات آمونیم نیاز دارد که این دو برابر مصرف سالیانه پرکلرات پتاسیم در ایالات متحده است. بنابراین پرتاب گاهگاه سفینه می‌تواند صنایع آتش‌بازی را تهدید کند.

بخش‌هایی از یک نمایش آتش‌بازی که بیشتر به خاطر سپرده می‌شود و جلب توجه می‌کند، رنگ‌های خیره‌کننده و جرقه‌های درخشان است. نوسور سفید از اکسایش منیزیم و آلومینیم فلزی در دمای بالا حاصل می‌شود و جرقه‌های درخشانی که در آتش‌بازی دیده می‌شود، مشخصهٔ مخلوط منیزیم و پرکلرات پتاسیم است.

تولید رنگ زرد ساده‌تر است، چرا که نمک‌های سدیم نور شدیدی با طول موج ۵۹۸ نانومتر ایجاد می‌کنند. مخلوطهای آتش‌بازی معمولاً دارای سدیم در غالب ترکیبهایی که جاذب رطوبت نباشند؛ مانند کریولیت ( $Na_4AlF_6$ ) می‌باشند. نمک‌های استرونیوم غالباً برای ایجاد نور قرمز استفاده می‌شوند و آتش‌بازی‌های سبز، توسط نمک‌های باریم مانند  $Ba(NO_3)_2$  ایجاد می‌شوند.

هنگام دیدن نمایش آتش‌بازی بعدی در آینده، توجه کنید که کدامیک از آنها آبی رنگند. احتمالاً مشاهده خواهید کرد



شکل ۱: ساخت یک «گلوله شلیکی ۳ مرحله‌ای قرمز-آبی متوالی هوایی» بوسته‌ای با قطر ۸ تا ۱۲ اینچ در لوله استیل مناسبی که در زمین جاسازی شده است، قرار داده می‌شود. هنگامی که فیوز آتش زده می‌شود، سریعاً آتش را به فیوز تاخیری موجود در بالای مخلوط «ستاره سرخ» منتقل می‌کند و در همان زمان پودر سیاه پرتاب‌کننده در ته ظرف منفجر می‌شود. با این انفجار، بوسته به هوا

پرتاب می‌شود. در این حال فیوز تاخیری می‌سوزد. اگر محاسبات زمانی صحیح باشد، قسمت حاوی مخلوط ستارهٔ سرخ در آسمان می‌سوزد. این سوختن، دومین فیوز تاخیری را آتش می‌زند که منجر به ستاره‌های آبی در آسمان می‌شود و سرانجام نوبت به «مخلوط غرش و نور» می‌رسد. که ایجاد صدای بلند و نور درخشان می‌کند.

جدول ۱: مواد شیمیایی مورد استفاده در روشهای جدید فرمولی کردن آتش بازی

اکسید کننده‌ها	
نیترات پتاسیم	نیترات باریم
کلرات پتاسیم	کلرات باریم
پر کلرات پتاسیم	نیترات استرونیوم
پر کلرات آمونیم	
سوخت‌ها	
آلومینیم	زغال
منیزیم	گوگرد
تیتان	سولفید آنتیموان
دکسترین	دکسترین
صمغ قرمز	صمغ قرمز
کلرید پلی وینیل	کلرید پلی وینیل
چسبنده‌ها	
دکسترین، صمغ قرمز و پلیمرهای سنتزی	
اثرات ویژه	
شعله قرمز - نیترات استرونیوم، کربنات استرونیوم	
شعله آبی - کربنات مس، سولفات مس، اکسید مس، کلرید مس (I)	
شعله زرد - اکسالات سدیم، کریولیت ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )	
شعله سفید - فلزهای منیزیم - آلومینیم	
جرقه‌های طلایی - براده آهن - زغال	
جرقه‌های سفید - آلومینیم، منیزیم، آلیاژ آلومینیم و منیزیم، تیتان	
صدای زوزه - بنزوات پتاسیم یا سالیسیلات سدیم	

Chemistry & Chemical  
Reactivity

Philadelphia; Saunders 1987

Page 779

دمای پایین حاصل می‌آید.

انتخاب شده از:

J. C. Kotz; K. F. Purcell,

که تعداد کمی فشفشه‌های هوایی به رنگ آبی می‌شکند زیرا که دستیابی به این رنگ مشکل است. بهترین رنگ آبی، از نشر نور از کلرید مس (I) ( $\text{CuCl}$ ) در

- نقطه جوش و کاهش نقطه انجماد الکترولیتهای ضعیف و قوی چگونه است؟  
۱۹ پنجم
- ۳- آنتالپی یک سیستم چیست و با انرژی درونی آن چه تفاوتی دارد؟  
۲۲ ششم
- پ - برخی پرسشهای شیمی معدنی:
- ۱- علت کم بودن انرژی پیوندی فسفر سفید چیست؟  
۱ اول
- ۲- چرا جرم اتمی عناصر معمولاً عدد صحیح نیست؟  
۴۳ اول
- ۳- چرا با حل شدن یک ماده غیر فرار در یک حلال فشار بخار آن کاهش می یابد؟  
۴۳ اول
- ۴- آیا کلر نیز می تواند مانند ید دارای عدد اکسیداسیون +۷ باشد؟  
۴۳ اول
- ۵- فرمول ساختمانی ترکیبهای اکسیژن دار نیتروژن چگونه است؟  
۵ دوم
- ۶- کدامیک از یونهای زیر در آب نیدرولیز می شوند؟ و کدامیک بیشتر نیدرولیز می شوند؟  
۶ دوم
- ۷- شعاع یونی چیست؟  
۴۳ اول
- ۸- یون کربونیم چیست؟ چند نوع یون کربونیم وجود دارد؟ پایداری یا فعالیت آنها نسبت به یکدیگر چگونه است؟  
۶ دوم
- ۹- آیا فل فتالین در محیط قلیایی غلیظ بی رنگ است؟  
۱۱ سوم
- ۱۰- فرمول ساختمانی آلوتروپی عنصر فسفر چگونه است؟  
۱۳ چهار
- ۱۱- هیبریداسیون اربیتالهای اتم مرکزی در مولکول  $O_3$  از کدام نوع است؟  
۱۳ چهارم
- ۱۲- واکنشهای انجام شده در بیل سوختی چگونه است؟  
۱۳ چهارم
- ۱۳- نام  $BF_3$  و  $NH_3$  براساس قواعد نامگذاری ایوپاک چیست.  
۱۵ چهارم
- ۱۴- نامگذاری آلوتروپهای یک عنصر براساس قواعد نامگذاری ایوپاک چگونه است؟  
۱۵ چهارم

الف - برخی از پرسشهای شیمی آلی:

- ۱- چرا استیلن برخلاف اتان و اتیلن با فلزهایی مانند سدیم می توانند سدیم مسی تو اند نیدروژن آزاد سازد؟  
۱ اول
- ۲- محصول واکنش  $HCl$  با کلرید وینیل چیست؟  
۱ اول
- ۳- معرفهای الکتروفیل، نوکلئوفیل و رادیکالهای آزاد کدامند؟  
۲ اول
- ۴- اثر گروههای استخلافی بر هسته بنزنی در واکنشهای در واکنشهای جانشینی الکتروفیلی چگونه است؟ با استفاده از چه قواعدی می توان دانست که چه عاملی هدایت کننده گروههای استخلافی دیگر به موقعیت های ارتو، پارا و یا به موقعیت های متا می باشد؟  
۲ اول
- ۵- انرژی پیوند  $C-H$  در تیدروکسربنها، بر حسب نوع هیبریداسیون اربیتالهای اتم کربن چگونه تغییر می کند؟  
۴۳ اول
- ۶- تغییرات نقاط جوش و ذوب در انواع الکلها چگونه است؟  
۱۱ سوم
- ۷- مکانیسم جذب آب از الکلها و تشکیل اتر اکسید چگونه است؟  
۱۱ سوم
- ۸- با آن که هالوژنها کاهش دهنده فعالیت هسته آروماتیک در واکنش الکتروفیلی اند، چرا هدایت کننده گروه، بعد به موقعیت های ارتو و پارا می باشد؟  
۲۵ پنجم
- ۹- چرا فل در مجاورت نور، بنفش رنگ می شود؟  
۲۳ ششم
- ب - برخی پرسشهای شیمی عمومی:
- ۱- از عوامل مؤثر بر سرعت واکنش کدامیک تعادل را جابه جا می کند؟ و کدامیک بر مقدار تعادل  $K$  اثر دارد.  
۱۹ پنجم
- ۲- رابطه قانون راول در مورد افزایش

۱۵- نوع هیبریداسیون اریتالهای نیتروژن

$KO_3$  و اریتالهای کلر در  $HOCl$  چگونه

است؟

۱۶- منحنیهای تیتراسیون (اسید - باز) چگونه

است؟

۲۰ پنجم

۱۹ پنجم ۱۷- مولکول  $H_2O_2$  قطبی است یا غیر قطبی؟

۲۳ ششم

ب - سخنرانیها

شماره سخنرانی	تاریخ	موضوع سخنرانی	نام سخنران
۱	۶۵/۱۱/۱۵	فلزات واسط و کمپلکسها	دکتر منصور عابدینی
۲	۶۵/۱۱/۲۵	سلولهای الکترو شیمیایی	دکتر حسین آقائی
۳	۶۵/۱۱/۳۰	پیوندهای شیمیایی	دکتر محمدرضا ملاردی
۴	۶۵/۱۲/۷	مکانیسم واکنشهای شیمی آلی	دکتر مسعود روحی لاریجانی
۵	۶۵/۱۲/۱۴	آشنایی با پلیمرها (بهارها)	دکتر علی پور جوادی
۶	۶۵/۱۲/۱۷	نکات مورد ابهام در کتب شیمی دبیرستانها	حسام امینی
۷	۶۶/۶/۱۰	طیف سنجی جرمی	دکتر قاسم خدادادی
۸	۶۶/۸/۲۶	طیف سنجی جرمی	دکتر قاسم خدادادی
۹	۶۶/۸/۳۰	نظریه اریتال مولکولی	دکتر محمدرضا ملاردی
۱۰	۶۶/۹/۱	سلولهای الکترو شیمیایی و کاربرد آنها	دکتر حسین آقائی
۱۱	۶۶/۹/۱۰	نقش ترکیبات آلی فلزی در صنایع	دکتر منصور عابدینی
۱۲	۶۶/۱۰/۲	بررسی کتابهای شیمی درسی دبیرستان	حسام امینی
۱۳	۶۶/۱۰/۱۰	مکانیسم واکنشهای شیمیایی	دکتر مسعود روحی لاریجانی
۱۴	۶۶/۱۰/۱۸	پلاستیکهای و کاربرد آنها	دکتر علی پور جوادی
۱۵	۶۶/۱۰/۲۷	مروری بر واکنشهای شیمیایی	دکتر حسین آقائی
۱۶	۶۶/۱۱/۸	نظریه اریتال مولکولی	دکتر محمدرضا ملاردی
۱۷	۶۶/۱۱/۱۱	مکانیسم انحلال	حسام امینی
۱۸	۶۶/۱۱/۱۵	نامگذاری ایزومر فضایی	دکتر سیدی
۱۹	۶۶/۱۲/۲۳	پدیده رزونانس در پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۲۰	۶۷/۴/۱	اثر القایی و رزونانس در پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۲۱	۶۷/۴/۱۱	ماده و ضد ماده	دکتر حسین آقائی
۲۲	۶۷/۴/۲۶	نظریه اریتال مولکولی	دکتر محمدرضا ملاردی
۲۳	۶۷/۹/۲۲	نظریه اریتال مولکولی	دکتر محمدرضا ملاردی
۲۴	۶۷/۹/۲۴	اثر القایی رزونانس گروهها بر پیوندهای شیمیایی	حسام امینی

شماره سخنرانی	تاریخ	موضوع سخنرانی	نام سخنران
۲۵	۶۷/۹/۲۷	کمپلکسهای تاجی شکل	دکتر منصور عابدینی
۲۶	۶۷/۹/۲۸	سرعت واکنشهای شیمیایی و انرژی فعال سازی (اکتواسیون)	دکتر حسین آقائی
۲۷	۶۷/۱۰/۸	ایزومرهای نوری	دکتر سیدی
۲۸	۶۷/۱۰/۱۲	خوردگی فلزات	دکتر هوشنگ اسلامی
۲۹	۶۷/۱۰/۱۸	تعادلهای شیمیایی	دکتر حسین آقائی
۳۰	۶۷/۱۰/۲۷	آمورش شیمی و نظرخواهی کتب شیمی درسی	سید رضا آقا پورمقدم
۳۱	۶۷/۱۱/۴	نظریه اربیتال مولکولی	دکتر محمدرضا ملاردی
۳۲	۶۷/۱۱/۹	اثر القایی و رزونانس گروهها بر پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۳۳	۶۷/۱۱/۱۶	اثر القایی و رزونانس گروهها بر پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۳۴	۶۷/۱۱/۲۳	اثر القایی و رزونانس گروهها بر پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۳۵	۶۷/۱۱/۳۰	اثر القایی و رزونانس گروهها بر پیوندهای شیمیایی	حسام امینی
۳۶	۶۷/۱۲/۲	خواص مغناطیسی مواد	دکتر محمدرضا ملاردی
۳۷	۶۷/۱۲/۸	بررسی رسانایی الکتریکی محلول الکترولیتهای قوی و ضعیف	دکتر حسین آقائی
۳۸	۶۷/۱۲/۱۶	مواردی از کاربرد لیزر در شیمی آلی	دکتر مسعود روحی لاریجانی
۳۹	۶۷/۱۲/۲۱	مکانیسم واکنشهای رادیکالی	حسام امینی
۴۰	۶۷/۱۲/۲۳	کاربرد پلیمر در الکترونیک	دکتر علی پور جوادی
۴۱	۶۸/۹/۲۵	آنتالپی واکنشها	حسام امینی
۴۲	۶۸/۹/۲۶	نگرشی بر آموزش شیمی	دکتر حسین آقائی
۴۳	۶۸/۱۰/۵	مروری بر نامگذاری ترکیبهای معدنی	دکتر محمدرضا ملاردی
۴۴	۶۸/۱۰/۹	چگونگی انجام واکنشهای شیمیایی از دید مولکولی	دکتر حسین آقائی





شماره سخنرانی	تاریخ	موضوع سخنرانی	نام سخنران
۴۵	۶۸/۱۰/۱۲	مکانیسم واکنشهای رادیکالی	حسام امینی
۴۶	۶۸/۱۰/۱۹	پیلهای سوختی	دکتر حسین آقائی
۴۷	۶۸/۱۰/۲۳	مروری بر خواص بنیادی اتم	دکتر محمدرضا ملاردی
۴۸	۶۸/۱۰/۲۵	اصول صنایع پتروشیمی و نظری به صنایع پتروشیمی ایران	دکتر هوشنگ اسلامی
۴۹	۶۸/۱۰/۲۶	مروری بر خواص بنیادی اتم	دکتر محمدرضا ملاردی
۵۰	۶۸/۱۱/۷	اسید و باز	حسام امینی
۵۱	۶۸/۱۱/۱۶	درآمدی بر شیمی قضایی	دکتر علی پور جوادی
۵۲	۶۸/۱۱/۲۳	کاربرد پتانسیل کاهش	دکتر منصور عابدینی
۵۳	۶۹/۳/۲۸	شیمی قضایی ترکیبات حلقوی	دکتر علی پور جوادی
۵۴	۶۹/۴/۴	اصول استخراج فلزات	دکتر محمدرضا ملاردی
۵۵	۵۹/۴/۹	تیدرولیز	حسام امینی
۵۶	۲۹/۴/۱۶	الکترودهای قوی و الکترودهای ضعیف	دکتر حسین آقائی
۵۷	۶۹/۸/۱۹	انرژی در واکنشهای شیمیایی	دکتر حسین آقائی
۵۸	۶۹/۸/۲۶	تیدرولیز	حسام امینی
۵۹	۶۹/۹/۲	متالورژی	دکتر محمدرضا ملاردی
۶۰	۶۹/۹/۱۰	مروری بر کروماتوگرافی	دکتر حسین آقائی
۶۱	۶۹/۹/۱۹	شیمی حالت جامد	دکتر منصور عابدینی
۶۲	۶۹/۱۰/۴	تیدرولیز	حسام امینی
۶۳	۶۹/۱۰/۹	مروری بر ساختار هندسی مولکولها	دکتر محمدرضا ملاردی

پانویس ها

- ۱- ماهنامه پاسدار اسلام، شهریور ۶۹ شماره ۱۰۵ صفحه ۴۶
- ۲- تخطئه: خطا بر کسی گرفتار، به خطا نسبت دادن و... (فرهنگ عمید)



# تاریخچه سنتز رنگ

قسمت دوم

مهندس ناصر فرزاد  
کارشناس صنایع شیمیایی

ج - از سال ۱۸۵۰ میلادی به بعد تا به امروز تحول بسیار وسیعی در سنتز مواد آلی و در نتیجه تهیه و ساخت رنگ به وجود آمده است که به تدریج هزاران ماده رنگزایی مختلف به روش سنتز تهیه شده که تعدادی از آنها به شرح زیر است:

۱- تکنولوژی تهیه مواد آلی ابتدا از تقطیر زغال سنگ در سال ۱۸۱۴ عملی شد و سپس با کشف بنزن توسط ککوله در سال ۱۸۵۶ و کشفهای پرکین (Perkin) در همان سال و ادامه آن توسط هوفمان تهیه رنگهای مصنوعی آغاز شد. پرکین به هنگام سنتز کینون ماده‌ای سیاه رنگ و سپس ارغوانی تهیه نمود که حاصل کار او از اکسیداسیون انیلین توسط اتیل دی کرومات پتاسیم و استخراج توسط اتیل الکل بود و با این ترتیب شیمی‌دان جوان انگلیسی برای نخستین بار توانست از ترکیب مواد آلی بسازد.

مولکولهای نسبتاً سبک و بی ارزش، موفق به ساختن رنگی پر ارزش شود.

۲- در سال ۱۸۵۸ گریس (Gries) ساختن رنگها را به روش دی ازته کردن مواد آلی کشف نمود که از این روش برای تهیه بیشتر رنگها در صنعت استفاده می‌شود.

در سال ۱۸۶۲ دانشمند مذکور از واکنش اسید نیترو با یک آمین حلقوی و دی ازته کردن آمین توانست رنگهای دی آزو را تهیه کند.

رنگهای آزو برجسته ترین طبقه از رنگها به شمار می‌روند که بیش از نیمی از رنگینه‌ها و رنگدانه‌ها را در بر دارند.

۳- سنتز آلزارین (ماده اصلی رنگ ریشه گیاه روناس) توسط دانشمندانی به نام گرابه (Grabe) و لیبرمان (Liebermann) در سال ۱۸۶۸ میلادی عملی شد آنها از سولفونه کردن انتراکینون به فرمول آلزارین دست یافتند و فرمول ۱، ۲- دی هیدراکسی انتراکینون برای آن معین شد.

۴- بین سالهای ۱۸۷۰ تا ۱۹۰۰ میلادی شیمی‌دانها متوجه تشکیل پلیمرها شدند و تحت عنوان (مواد با ساختمان مولکولی نامعلوم) موضوع را مطرح کردند و متعاقباً در فاصله بین دو جنگ جهانی اول و دوم شرکت‌های بزرگ شیمیایی متوجه اهمیت پلیمرها شدند.

۵- درک ساختمان شیمیایی و سنتز نیل (Indigo) در سال ۱۸۷۰ توسط ادلف بایر و سپس در سال ۱۸۹۰ توسط هیومن انجام شد و بالاخره توسعه و تکامل مواد رنگزایی ایندیگو در ابتدای قرن بیستم عملی شد که این کار نتیجه کوششهای دانشمندان به نام انجی (G. Engi) و فریدرلندر

(P. Friederlander) است که رنگزای آبی رنگ شماره ۴ (Blue 4B) و ماده رنگزایی تیو (Thio Indigo) که ماده گوگردی است، را سنتز کرد.

۶- در سال ۱۸۷۱ م آزونیک قرمز توسط کشف شد که این رنگها از مونو آزونیک اند. از نمک باریم این نوع رنگها استفاده می‌شود.

۷- در سال ۱۸۷۶ (O. N. Witt) قوانین کروموفر و اکسوکروموفر و نتیجه کار او همی است که موافق است.

۸- در سال ۱۸۷۰ با استفاده از ایندانترون (Indane) (خمی) کشف نیترات سلول گرفته شد و حاصل از پوشش معر مواد کازر رنگسازان مقایسه که با پلاستیک در سال ۱۸۷۰ تکامل یافت.

۱۳- در سال ۱۹۶۲ جامعه اقتصادی اروپا، فهرستی از رنگهای طبیعی و سنتتیک را (Natural and Synthetic) که مجاز برای تغذیه تشخیص داده بودند، تهیه و منتشر کردند - (قبل از آن هم رنگهای غذایی بود شاید نگارنده به بررسی و استاندارد آن نظر داشت)

۱۴- در سال ۱۹۶۶ از طرف مؤسسه Waggon در پاریس پوستهای رنگ شده بسیار شفاف پارنگ‌هایی تند مخصوص جوانان به بوتیک‌ها عرضه شد و پوست‌های ارزان خرگوش و بزغاله با رنگهای قرمز و آبی و سبز و بنفش توجه نسل جوان را به خود جلب کرد.

۱۵- در سال ۱۹۲۸ کمپانیهای انگلیسی و امریکایی مبادرت به انتشار کتاب بزرگ ایندکس رنگ (Colour Index) کردند که این کتابها در چند جلد شامل اطلاعات جامع و ارزنده‌ای از مشخصات هزاران رنگ کشف شده و به دست آمده تا آن تاریخ است و بدین ترتیب با ارائه مشخصات رنگها، تاریخ رنگ را تکامل بخشیدند.

۱۶- و بالاخره از سال ۱۹۴۵ تا سال ۱۹۸۵ صمغ پلی‌استر که دسته دیگری از مواد اولیه رنگ‌سازی است، در صنایع چوب مانند مبلمان، قفسه‌ها، رادیو، تلویزیون مورد استفاده قرار گرفتند و به بازار عرضه شدند.

مسلم است که با پیشرفت دانش شیمی تا به امروز رنگهای بسیار دیگری نیز توسط شیمی‌دانها در آزمایشگاهها و کارخانه‌های رنگ‌سازی به تدریج ساخته و ارائه شده است که نام سازنده و تاریخ ساخت و عرضه کننده آنها در فهرست رنگ‌های ثبت خواهد شد به فهرست کاشفان و سازندگان رنگ خواهد پیوست.

نمکهای مس فتالوسیانین‌ها رنگهای سبز مایل به آبی یا سبز می‌باشند. و فتالوسیانین‌های مس در تجارت بنام موناسترال بلو (ب) به فروش می‌رسد. فتالوسیانین‌های بدون فلز بمنزله رنگدانه‌ها مصرف می‌شود و بطور کلی فتالوسیانین‌ها رنگها و پیگمانهای سبز درخشان و با ثباتی را تولید می‌کنند.

۱۰- در سال ۱۹۳۰ م (بعقد از میلاد مسیح ع) با کشف رنگهای جدید از فتالوسیانین‌ها (Phtalocyanines) یا ثالو که ابتدا رنگهای آبی و سبز شفاف و درخشان و سپس رنگهای قرمز و سبز مایل به زرد را در بر می‌گرفت تحولی در ساختمان رنگهای جدید و رنگدانه‌ها بوجود آمد و در سال ۱۹۳۳ توسط لینستد R. P. Linstead ساختمان فتالوسیانین‌ها پیشنهاد شد.

۱۱- در سال ۱۹۵۲ م رنگهای مونو آزو Mono azo به صورت فرمهای سیس و ترانس Cis و Trans توسط برود Brode بررسی و حالت رزونانس Resonance (تشدید) و ظهور رنگ در موقعیت ترانس بررسی و عملی شد.

۱۲- در سال ۱۹۵۷ مواد قابل رنگ زدن بصورت شیرابه Latex که قابل استفاده برای صادرات بود، به بازارهای جهان عرضه گردید که تا سال ۱۹۶۹ حدود ۲۰۰ میلیون گالون از این نوع رنگها عرضه گردیده است و نیز در این سال و سال ۱۹۵۸ مواد رنگرزی کروموفتالیک (Chromo Photalie) و کوینیا کریدون (Qwina coridone) کشف و ارائه شدند.

همچنین کمپانی سیبا Ciba و ای سی ای I. C. I. مشترکا رنگهای H. Precion پروسیون هاش و رنگهایی از نوع سیبا کرون را تهیه کردند.

اد  
Cib  
یکو  
سرای  
های  
(Caro)  
رنگهای  
کلسیم و  
رنگ تهیه  
از آن. ویست  
رنگ را عرضه  
شده وجود  
طرح شده است  
ن به مکانیسم-  
ع جذب تشعشع  
۱۳ م رنگهای لاک  
سنگ و قیر تولید  
سال ۱۹۰۱ میلادی  
Indar (ماده رنگزای  
در اوایل قرن ۱۹  
استات سلولز به کار  
سال ۱۹۲۰ ترکیبهای  
و رزین اوره به عنوان  
شدند. در سال ۱۹۲۵ م  
قابل پوشش در دسترس  
ار گرفت اما این ماده قابل  
بل رقابت با پوشش‌هایی  
وغنی تهیه می‌شدند، نبود.  
سندی آلمانی بنام دودلسبانی  
۱۹۲ م از فتالوسیانین‌ها و  
مس یک جسم آلی با ثبات  
ه خوب تهیه کرد که همان  
این مس میباشد. که در اواخر  
۱۹۲ برای اولین بار کشف  
ست.

هنك وان لوبك  
Henk Van Lubek

# چگونگی تجسم عدد آوو گادرو

ترجمه: سید جلال امیر آفتابی  
معلم شیمی دبیرستان کمال تهران

آمستردام، هلند

در این نشریه، پاسکوزیم (Poskozim) و افرادی دیگر، برخی مقایسات برای پی بردن به بزرگی عدد آوو گادرو را توضیح داده‌اند و از خوانندگان نشریه دعوت نمودند که راههای دیگری را در مورد این مسأله ارائه نمایند. با اندکی تأخیر، من این دعوت را می‌پذیرم. البته تجسم اعداد کوچک و بزرگ کار بسیار مشکلی است. در هر حال، يك عدد بسیار بزرگی که بارها و بارها در شیمی به کار برده می‌شود، عدد آوو گادرو، (N) است که  $(N \cong 6 \times 10^{23})$  تعداد ذرات موجود در يك مول «Mole» از هر جسم را بیان می‌کند. حال سعی می‌کنیم تا این عدد N را تجسم کنیم.

مثال يك: يك مول دلار

فرض کنیم که شخصی به نام آقای مول، در بانک يك مول دلار پول دارد و بانک ۵٪ بهره به او می‌پردازد. اگر آقای مول بهره دریافتی يك ثانیه این پول را به مقدار مساوی بین تمام مردم کمره زمین (پنج بیلیون نفر) تقسیم کند سهم هر نفر

چیزی در حدود دوست هزار دلار خواهد شد.  
بهره سالانه

$$6 \times 10^{23} \text{ دلار} \times 0.05 = 3 \times 10^{22} \text{ دلار}$$

تعداد ثانیه‌ها در يك سال

$$\left(\frac{60 \text{ ثانیه}}{\text{دقیقه}}\right) \left(\frac{60 \text{ دقیقه}}{\text{ساعت}}\right) \left(\frac{24 \text{ ساعت}}{\text{روز}}\right) \left(\frac{365 \text{ روز}}{\text{سال}}\right)$$

$$= 3 \times 10^7 \frac{\text{ثانیه}}{\text{سال}}$$

مبلغ بهره‌ای که آقای مول دریافت می‌کند برای هر ثانیه بر حسب دلار:

$$\frac{3 \times 10^{22} \text{ دلار}}{3 \times 10^7 \text{ ثانیه}} = 1 \times 10^{15} \frac{\text{دلار}}{\text{ثانیه}}$$

سهم مساوی یعنی:

$$1 \times 10^{15} \frac{\text{دلار}}{\text{ثانیه}} \div 5 \times 10^9 \frac{\text{نفر}}{\text{ثانیه}} = 2 \times 10^5 \frac{\text{دلار}}{\text{نفر}}$$

شگفت‌انگیز است! ولی آیا تصور ما از عدد N درست است؟  
بنا بر این یکبار دیگر سعی خودمان را می‌کنیم.

مثال دو: يك مول مورچه

آیا می‌توان يك مول مورچه را تصور کرد (مورچه قرمز را)؟ حال جرم يك مول مورچه را بررسی می‌کنیم. برای این کار، جرم يك مورچه را به طور متوسط در حدود ۰/۰۵ گرم تخمین می‌زنیم از آنجا جرم يك مول مورچه عبارت خواهد شد از:

$$\left(\frac{6 \times 10^{23} \text{ مورچه}}{\text{مول}}\right) \left(\frac{0.05 \text{ گرم}}{\text{مورچه}}\right)$$

$$= 3 \times 10^{22} \frac{\text{گرم}}{\text{مول}} = 3 \times 10^{19} \frac{\text{کیلوگرم}}{\text{مول}}$$

وقتی آن را با استاندارد مشخص مانند جرم کمره زمین مقایسه می‌کنیم ( $6 \times 10^{24}$  کیلوگرم) می‌بینیم که وجود داشتن يك مول مورچه غیر محتمل به نظر می‌رسد. حتی از غیر محتمل هم گذشته، غیر ممکن است. فرض کنیم این مورچه‌ها در

با مقایسه جرم کره زمین، وجود یک مول دانه ماسه کاملاً امکان پذیر است، ولی آیا این تصور مفیدی است؟ در آخرین کوششمان، حجم یک مول این دانه‌های ماسه را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} 1 \quad & \frac{5 \times 10^{19} \text{ گرم}}{\text{مول}} \\ \text{حجم مولی} &= \frac{\text{گرم}}{2/5 \text{ سانتیمتر مکعب}} \\ &= \frac{5 \times 10^{19} \text{ سانتیمتر مکعب}}{\text{مول}} \\ &= \frac{5 \times 10^4 \text{ کیلومتر مکعب}}{\text{مول}} \end{aligned}$$

تعبیر این حجم، به دو گونه زیر است:  
۱- این حجم، یعنی مکعبی با اضلاع:

$$\sqrt[3]{2 \times 10^4} \text{ کیلومتر مکعب} = 2 \times 10^1 \text{ کیلومتر}$$

۲- مساحت کل صحرای بزرگ شمال آفریقا عبارتست از:

$$8 \times 10^6 \text{ کیلومتر مربع}$$

برای به دست آوردن یک مول دانه شن، لازم است که تا عمق ۲ متر از سطح کل صحرای بزرگ شمال آفریقا را خالی برداری کنیم:

$$\begin{aligned} & \frac{(2 \times 10^4 \text{ کیلومتر مکعب})}{(8 \times 10^6 \text{ کیلومتر مربع})} \\ &= 2 \times 10^{-2} \text{ متر} \end{aligned}$$

از سطح کل صحرای بزرگ شمال آفریقا را حفر کنیم.

نتیجه: هیچگونه شکی در خصوص اهمیت مفهوم مول، و ارتباط مولکولها، یونها، الکترونها و غیره نداریم اما به هر حال در جهان مرئی هر گونه کوششی به منظور تجسم N، معمولاً منجر به شکست می‌گردد: در اینجا، ما نشان دادیم که می‌توان یک مول دانه ماسه، مخصوصاً حجم آن را تصور نمود.

۱- جرم حجمی دانه ماسه ۲/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شده است.

لانه‌هایی که در هر یک از آنها یک میلیون مورچه جای دارد زندگی کنند. اکنون اگر هر یک از این لانه‌ها یک متر مربع وسعت داشته باشد مساحت تمامی لانه‌ها عبارت خواهد شد از:

$$\frac{6 \times 10^{22} \text{ مورچه}}{\text{مول}} = 6 \times 10^{17} \frac{\text{لانه مورچه}}{\text{مول}}$$

$$\frac{6 \times 10^6 \text{ مورچه}}{\text{لانه مورچه}}$$

کل مساحت لازم عبارتست از:

$$\begin{aligned} & \left( \frac{6 \times 10^{17} \text{ لانه مورچه}}{\text{مول}} \right) \left( 1 \frac{\text{متر مربع}}{\text{لانه مورچه}} \right) \\ &= 6 \times 10^{17} \frac{\text{متر مربع}}{\text{مول}} = 6 \times 10^{11} \frac{\text{کیلومتر مربع}}{\text{مول}} \end{aligned}$$

$$5 \times 10^8 \text{ کیلومتر مربع} = \text{سطح کره زمین}$$

مفهومش این است که:

$$\frac{6 \times 10^{11} \text{ کیلومتر مربع}}{\text{مول}} = 1 \times 10^3 \frac{\text{سطح کره زمین}}{\text{مول}}$$

$$\frac{5 \times 10^8 \text{ کیلومتر مربع}}{\text{سطح کره زمین}}$$

یعنی اگر تمامی سطح حدود یک هزار کره مانند کره زمین به طور کامل توسط مورچه‌ها اشغال شود. آنوقت تعداد کل مورچه‌ها به یک مول می‌رسد. بد نیست به محاسبه دیگری بپردازیم.

مثال سه: یک مول دانه ماسه:

می‌توانیم جرم یک دانه شن را در حدود

$$\left( \frac{8 \times 10^{-5} \text{ گرم}}{\text{دانه شن}} \right)$$

تخمین بزنیم. جرم یک مول دانه شن طبق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\begin{aligned} & \left( \frac{8 \times 10^{-5} \text{ گرم}}{\text{دانه شن}} \right) \left( \frac{6 \times 10^{23} \text{ دانه شن}}{\text{مول}} \right) \\ &= 5 \times 10^{16} \frac{\text{گرم}}{\text{مول}} = 5 \times 10^{19} \frac{\text{کیلوگرم}}{\text{مول}} \end{aligned}$$

# موردی بر نظریه اوربیتال مولکولی

«قسمت دوم»

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

۱ مولکولهای دو اتمی ناجور هسته (AB)

کلیات

در مورد این نوع مولکولها نیز همان اصول نظریه اوربیتال مولکولی را می توان برای بررسی پیوند و ترازهای انرژی مولکولی به کار برد. اما چون معمولا الکترونگاتیوی دو اتم A و B برابر نیستند، از این رو، ترازهای انرژی مولکولی نسبت به سطح انرژی دو اتم A و B به فاصله یکسان مرار ندارد و اصولا سطح انرژی اوربیتالهای اتمی که الکترونگاتیوتر است، پایین تر از سطح انرژی اوربیتالهای اتم دیگر مرار می دیرد. بنابر این، سهم اوربیتالهای اتم الکترونگاتیو در تشکیل اوربیتالهای مولکولی پیوندی بیشتر است و به آنها نزدیکتر است و در مقابل، سطح انرژی اوربیتالهای اتم دیگر به سطح انرژی اوربیتالهای مولکولی ضد پیوندی نزدیکتر است. این ترتیب در مورد اوربیتالهای 1s و 2s اتمهای A و B (الکترونگاتیوتر است) در شکل ۱ نشان داده شده است.

با توجه به آنچه که در این شکل آمده است، نکات کلی زیر را می توان در مورد این نوع مولکولها در نظر گرفت:  
۱) W و Y میزان همپوشانی اوربیتالهای 1s و 2s دو اتم را با یکدیگر نشان می دهند. یعنی هرچه مقدار آنها

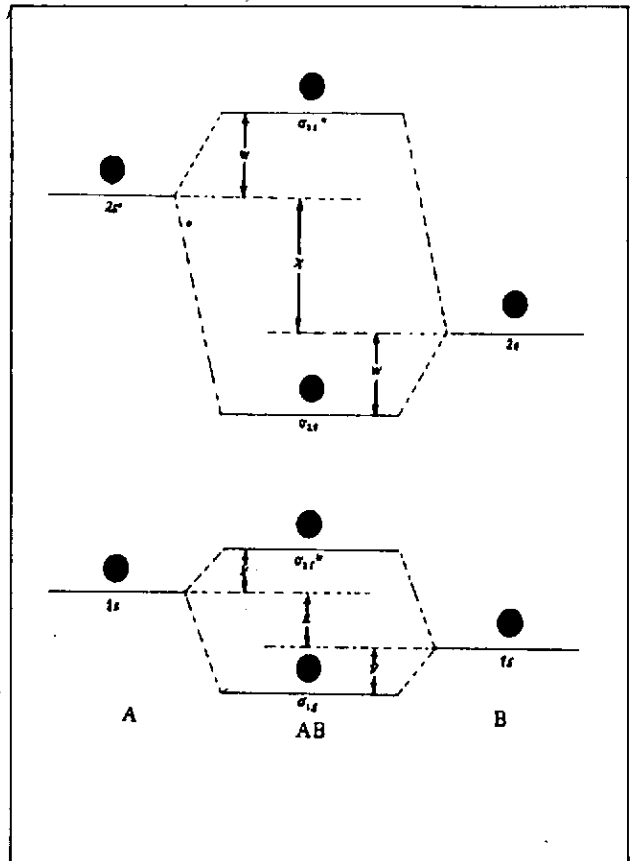
دکتر محمدرضا ملاردی  
دانشیار دانشگاه تربیت معلم

بیشتر باشد، همپوشانی این اوربیتالها با یکدیگر بیشتر، پیوند قویتر و مولکول پایدارتر است.  
۲) دلیل اینکه W از Y بزرگتر است آن است که اوربیتالهای 2s از هسته دورتر و گسترده ترند و بهتر با یکدیگر همپوشانی می کنند.

۳) X و Z نیز تفاوت سطح انرژی اوربیتالهای دو اتم را نشان می دهند که به تفاوت الکترونگاتیوی آنها بستگی دارند. یعنی هرچه تفاوت الکترونگاتیوی دو اتم بیشتر باشد، مقدار Z و X نیز بیشتر است و تراکم الکترونی پیوندی به سمت هسته اتم الکترونگاتیوتر بیشتر و در نتیجه، قطبیت مولکول بیشتر است.

نکته قابل توجه دیگر این است که به طور کلی، در مورد مولکولهای چند اتمی ناجور هسته، امکان این که یک یا چند اوربیتال از یک یا چند اتم نتوانند در تشکیل پیوند شرکت کنند (به دلیل نداشتن شرط انرژی و شرط تقارن) وجود دارد. در این صورت آن اوربیتال (یا اوربیتالهای) اتمی به صورت غیر پیوندی در مولکول باقی می ماند (اوربیتالهای مولکولی غیر پیوندی) که غالبا با  $n$  یا  $nb$  مشخص می شود.

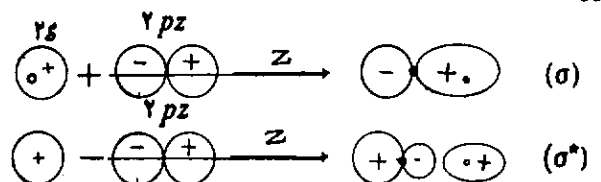
پس از این توضیح‌ها، به بررسی چند نمونه این دسته از مولکولها بر اساس نظریه اوربیتال مولکولی می‌پردازیم:



شکل ۱

### مولکول HF

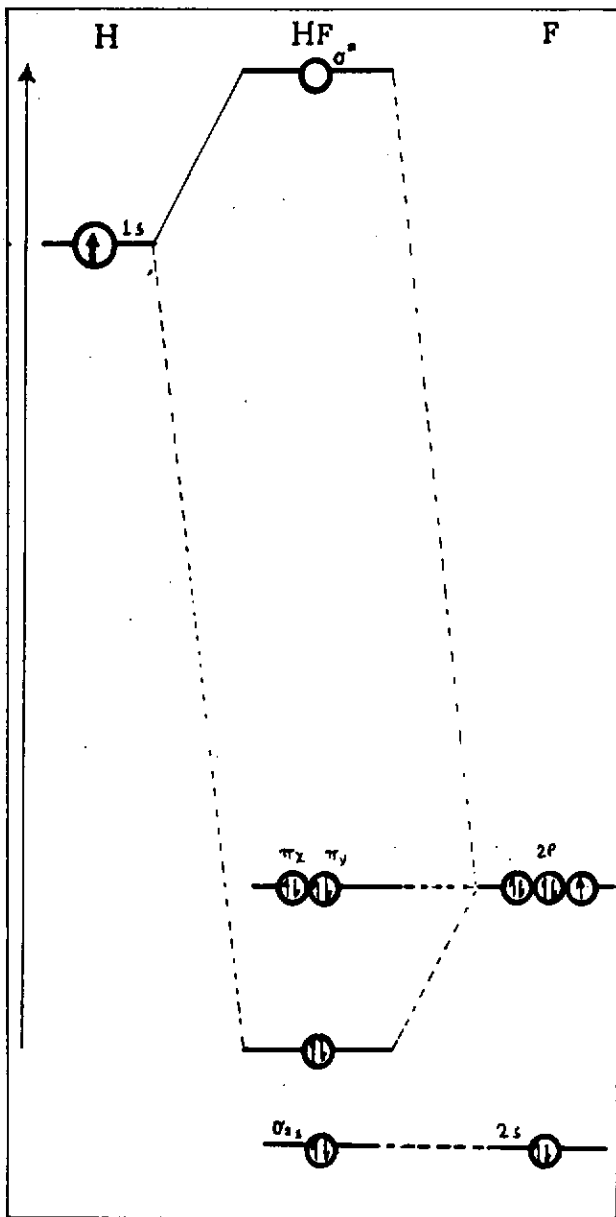
چون این مولکول خطی است و در مولکولهای خطی، اوربیتال s با اوربیتال Pz (که در راستای محور اصلی یا راستای پیوند قرار دارد) هم تقارن است و می‌تواند با آن همپوشانی مثبت داشته باشد، از این رو، فقط اوربیتال 2Pz اتم فلوئورو اوربیتال 1s اتم هیدروژن در تشکیل اوربیتالهای پیوندی و ضد پیوندی شرکت می‌کنند و اوربیتالهای 1s (در شکل نشان داده شده است)، 2s، 2Px و 2Py اتم فلوئور، به صورت غیر پیوندی باقی می‌ماند، ترکیب خطی اوربیتالهای s و Pz و شکل خارجی اوربیتالهای مولکولی پیوندی (σ) و ضد پیوندی (σ\*) چنین است:



نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی HF در شکل ۲ نشان داده شده است. آرایش الکترونی آن مرتبه پیوند آن  $m=1$ ، طول پیوند H-F برابر ۰/۹۲ آنگستروم و انرژی پیوندی آن ۱۳۴ کیلو کالری بر مول است.

با توجه به این نمودار، به روشنی می‌توان دریافت که جفت الکترون پیوندی،  $(\sigma^b)^2$ ، به هسته اتم فلوئور نزدیکتر است و قطبیت مولکول HF، بر این اساس قابل توجیه است. همان دو قطبی این مولکول برابر ۱/۸۳ دپای است.

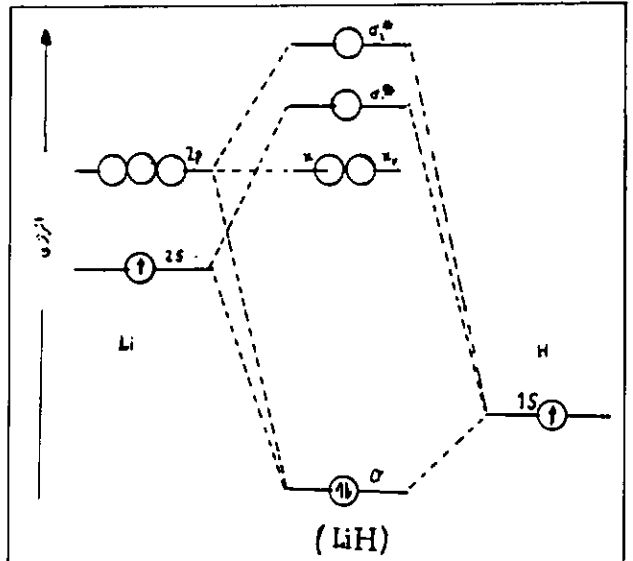
نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی HCl، HBr و HI نیز مشابه نمودار شکل ۲ (برای HF) است.



شکل ۲- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی HF

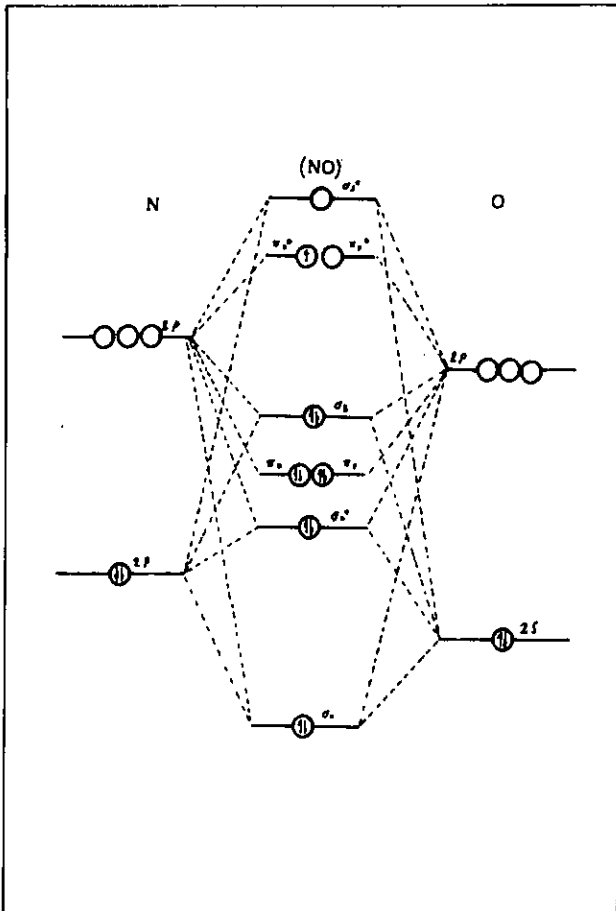
نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی LiH در شکل ۳ نشان داده شده است. از آنجایی که این مولکول خطی است و امکان مشارکت اوربیتالهای ۲s و ۲Pz اتم لیتیم در همپوشانی با اوربیتال ۱s اتم هیدروژن وجود دارد؛ اوربیتالهای ۲s و ۲Pz اتم لیتیم با هم درآمیخته و بسا اوربیتال ۱s اتم هیدروژن یک اوربیتال مولکولی پیوندی و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma$  به وجود می‌آورند و اوربیتالهای ۲Px و ۲Py اتم فلورین به صورت غیر پیوندی در همان تراز اتمی باقی می‌مانند.

آرایش الکترونی مولکول  $(\sigma)^2 (\sigma^*)^2$  است ( $\sigma^*$  در شکل نشان داده نشده است). مرتبه پیوند برابر ۱، طول پیوند ۱/۵۹ آنگستروم و انرژی پیوند ۵۸ کیلو کالری برمول است. با توجه به نمودار تراز انرژی در شکل ۳، می‌توان دریافت که جفت الکترون پیوندی  $(\sigma)^2$  به اتم هیدروژن (که الکترونکاتیوتر است) نزدیکتر است و بر این اساس می‌توان قطبیت این مولکول را توجیه کرد. ممان دو قطبی مولکول LiH برابر ۵/۸۸ دبا، یعنی به شدت قطبی است.



شکل ۳- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی LiH

نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی NO در شکل ۴ نشان داده شده است. این نمودار به طور کلی با نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $N_2$  مشابه است. تنها،



شکل ۴- نمودار تراز اوربیتالهای مولکولی NO

به دلیل تفاوت الکترونکاتیوی دو اتم تشکیل دهنده پیوند، وضعیت تقارنی اوربیتالهای ترازهای مولکولی نسبت به اوربیتالهای اتمی دو اتم تفاوت دارد. آرایش الکترونی به صورت

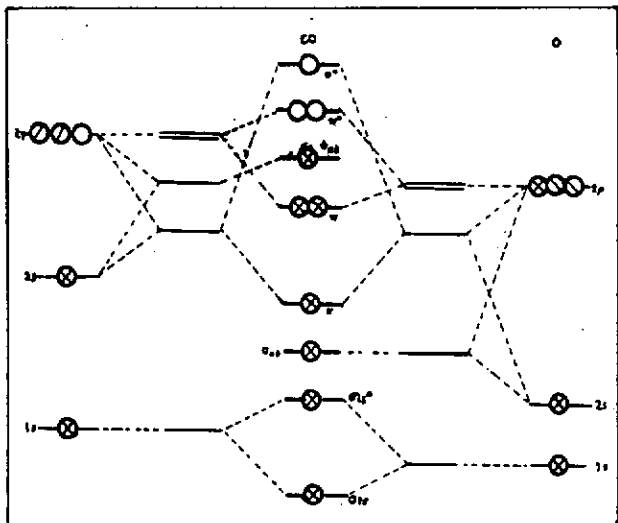
$(\sigma_{1s})^2 (\sigma_{1s}^*)^2 (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 (\pi_x = \pi_y)^4 (\sigma_2)^2 (\pi_x^* = \pi_y^*)^4$  است (دو تراز اول در شکل نشان داده نشده است). مرتبه پیوند برابر  $n = \frac{n_e - n_e^*}{2} = \frac{10 - 5}{2} = 2.5$ ، طول پیوند برابر ۱/۱۵ آنگستروم و انرژی پیوندی آن برابر ۱۶۲ کیلو کالری برمول است.

با توجه به نمودار شکل ۴، الکترونها پیوندی به هسته اتم اکسیژن (اتم الکترونکاتیوتر) نزدیکتر است و بر این اساس، قطبیت مولکول قابل توجیه است. مولکول NO برابر ۰/۱۵ دبا، است.

با توجه به نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی NO می‌توان به روشنی دریافت که انرژی یونیزاسیون مولکول نسبتاً کم و یون-مولکول NO پایدارتر از مولکول خنثای NO است. زیرا مولکول NO با صرف انرژی کم، یک الکترون جفت نشده تراز ضد پیوندی  $(\pi^*)$  خود را از دست می‌دهد. در نتیجه مرتبه پیوند آن از ۲/۵ به ۳  $(n = \frac{10 - 4}{2} = 3)$  افزایش و طول پیوند آن از ۱/۱۵



می‌دانیم که مولکول CO ( $C \equiv O$ ): در نقش لیگاند (لیگاند کربنیل) یک دندان‌ای، یک جفت الکترون به طریق داتیو به اتم مرکزی در ترکیبهای کوئوردیناسیون (کمپلکس) واگذار می‌کند. با توجه به نمودار شکل ۵،



شکل ۵- نمودار تراز اوربیتالهای مولکولی CO

به روشنی می‌توان دریافت که این جفت الکترون از اتم کربن است (الکترونها تراز غیر پیوندی  $\sigma^*$  در نمودار شکل ۵). به بیان دیگر، اتم کوئوردیناسیون‌دهنده (Coordinating atom)، اتم کربن است و جفت الکترون غیر پیوندی اکسیژن در سطح انرژی پایین‌تر از سطح انرژی الکترونها پیوندی مولکول قرار دارد.

موضوع دیگری که باید به آن توجه داشت این است که مونوکسید کربن با وجود اینکه خنثی است، فعالیت شیمیایی آن کم، قطبیت آن نیز ناچیز است و از این نظر انتظار داریم که نتواند کمپلکسهای پایدار تشکیل دهد، اما برخلاف انتظار، کمپلکسهای نسبتاً پایدار مانند  $Fe(CO)_5$  یا  $Cr(CO)_6$  و غیره تشکیل می‌دهد و جزو قویترین لیگاندها (هم‌ارز  $CN^-$ ) محسوب می‌شود. با توجه به نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی CO، می‌توان این رویداد را براساس امکان تشکیل پیوند پی پس‌دهی ( $\pi$  back bonding) توجیه کرد. زیرا، مولکول CO دارای اوربیتالهای مولکولی ضد پیوندی ( $\sigma^*$  و  $\pi^*$ ) خالی در سطح نسبتاً پایین و نزدیک به سطح انرژی پیوند سیگما «کربن - فلز» است که می‌توانند با اوربیتالهای d پر اتم مرکزی همپوشانی کنند و پیوند  $\pi$  های را به وجود آورند که موجب قویتر شدن پیوند بین

آنگستروم به  $1/06$  آنگستروم کاهش و انرژی پیوندی آن از  $162$  کیلو کالری برمول به  $252$  کیلو کالری برمول در  $NO^+$  افزایش می‌یابد که از مولکول  $NY$  (طول پیوند  $1/1$  آنگستروم و انرژی پیوندی  $225$  کیلوکالری برمول) پایدارتر است.

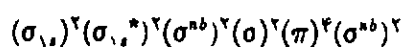
قابل توجه است که مولکول NO در نقش لیگاند (نیتروزیل) یک دندان، دهنده سه الکترون به اتم مرکزی است، مثلاً در کمپلکس  $[Co(CO)_4(ON)]$  (تری کربنیل نیتروزیل کبالت)، هر  $NO$ ، سه الکترون به اتم کبالت واگذار می‌کند.

## مولکول CO

وضعیت نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی CO به کلی با وضعیت نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی NO تفاوت دارد. دلیل اصلی وجود این تفاوت، همان تفاوت نسبتاً زیاد الکترونها تراز اتمهای اکسیژن ( $x = 3/5$ ) و کربن ( $x = 2/5$ ) است، از این رو، اوربیتال  $2s$  اتم اکسیژن نسبت به اوربیتال  $2s$  اتم کربن در سطح انرژی بسیار پایین‌تری قرار می‌گیرد. به طوری که این دو اوربیتال نمی‌توانند با یکدیگر همپوشانی کنند. بلکه، اوربیتال  $2s$  اتم اکسیژن به صورت غیر پیوندی باقی می‌ماند و اوربیتال  $2s$  اتم کربن که هم از نظر سطح انرژی و هم از نظر تقارن وضعیت مناسبی برای همپوشانی با اوربیتال  $2pz$  (به دلیل خطی بودن مولکول CO) اکسیژن را دارد، یا آن در تشکیل پیوند سیگما شرکت می‌کند و اوربیتالهای  $2py$  و  $2px$  اتم اکسیژن نیز با اوربیتالهای  $2py$  و  $2px$  اتم کربن به طور جانبی همپوشانی کرده، اوربیتالهای مولکولی پیوندی و ضد پیوندی

را به وجود می‌آورند. البته، اوربیتالهای  $1s$  دو اتم نسبت به یکدیگر، آن اندازه نزدیک‌اند که می‌توانند با یکدیگر همپوشانی کنند. تا توجه به امکان همپوشانی بین اوربیتالهای S و P لایه ظرفیت در دو اتم، در شکل ۵ نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی CO با در نظر گرفتن هیبریداسیون sp (بین اوربیتالهای  $2s$  و  $2pz$ ) نشان داده شده است.

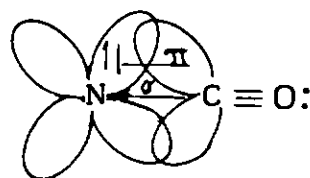
براساس این نمودار، آرایش الکترونی مولکول به صورت



است.

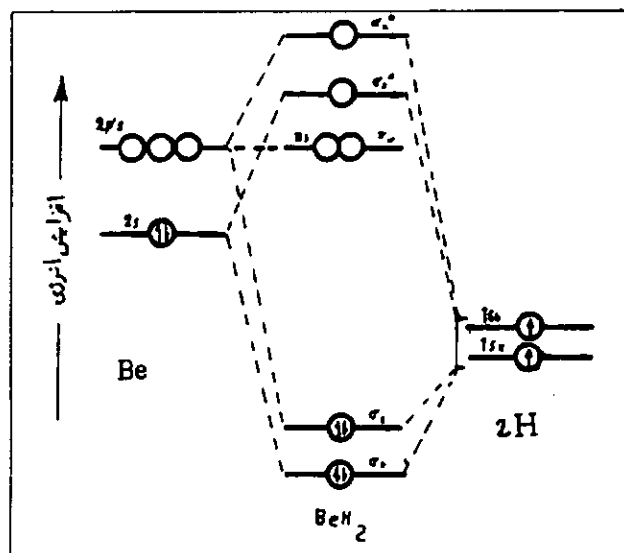
مرتبه پیوند آن ( $n = \frac{8-2}{2} = 3$ )، طول پیوند آن  $1/128$  آنگستروم، انرژی پیوندی آن  $255/8$  کیلو کالری برمول و قطبیت آن  $0/12$  دبا است.

(acid ligands -  $\pi$ ) می‌نامند. دلیل این نامگذاری آن است که اگرچه، این نوع مولکولها یا لیگاندها در تشکیل پیوند سیگما در نقش بازلويس عمل می‌کنند (یعنی به طریق ذاتیو، جفت الکترون واگذار می‌کنند، اما بسا داشتن اوربیتالهای خالی مناسب، می‌توانند در نقش اسیدلويس، به طریق ذاتیو جفت الکترون به‌پذیرند و پیوند  $\pi$  تشکیل دهند مثلا در مورد CO که نمونه جالبی از لیگاندهای  $\pi$  اسید است، این پدیده را می‌توان چنین به تصویر درآورد:



### (II) مولکولهای سه‌اتمی

**الف) مولکول  $AB_2$  خطی بدون پیوند مانند  $BeH_2$**   
 چون این مولکول خطی است و دو پیوند سیگما در يك راستا (راستای محور z، راستای ویژه) قرار دارد، از این‌رو یکی از پیوندهای سیگمای آن از همپوشانی اوربیتال 1s یکی از اتمهای هیدروژن با اوربیتال 2s اتم بریلیم و پیوند سیگمای دیگر از همپوشانی اوربیتال 1s اتم دیگر هیدروژن با اوربیتال 2pz اتم بریلیم به‌وجود می‌آید و در نتیجه اوربیتالهای 2py، 2px و نیز اوربیتال 1s

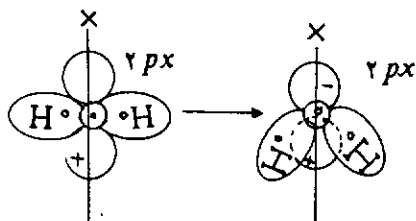


شکل ۶- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BeH_2$

اتم بریلیم (که به هسته بریلیم بسیار نزدیک است) در شکل نشان داده نشده است) غیر پیوندی باقی می‌مانند). نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BeH_2$  در شکل ۶ نشان داده شده است.

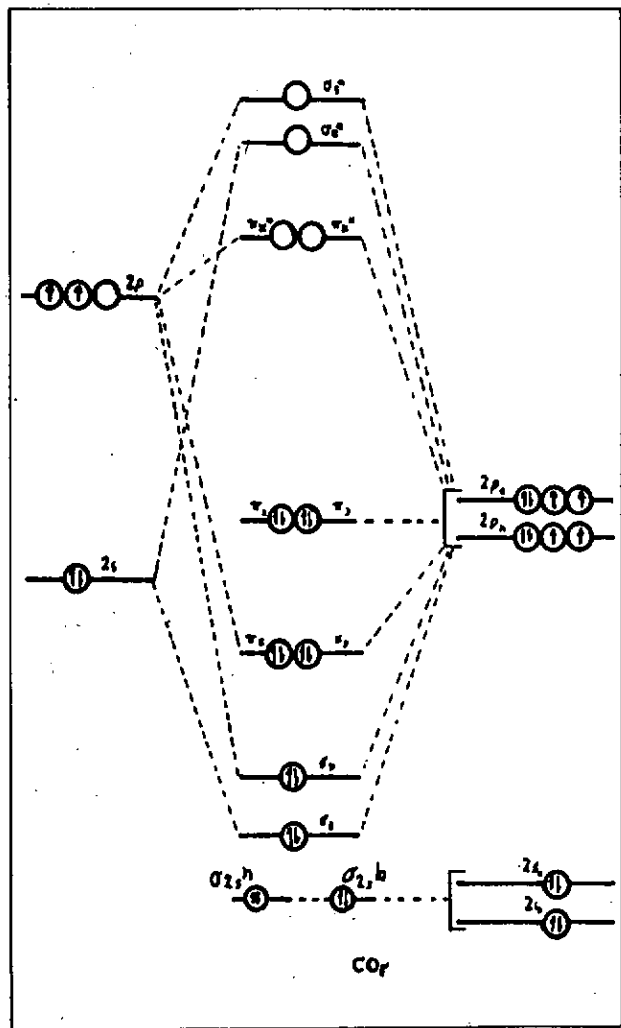
بر اساس این نمودار، آرایش الکترونی مولکول به صورت  $(\sigma_p)^2(\sigma_s)^2(\sigma_s^*)^2$  است.  $\sigma_s^*$  در شکل نشان داده نشده است). مرتبه کل پیوند برابر  $2 (n = \frac{2-0}{2} = 2)$ ، مرتبه هر پیوند  $Be-H$  برابر ۱، طول پیوند  $B-H$  برابر  $1/343$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن ۵۳ کیلو کالری برمول است. نمودار تراز انرژی یونهای  $CH_2^+$ ،  $EH^+$  و مولکول  $CH_2$  خطی نیز مشابه نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BeH_2$  است.

**ب) مولکول سه‌اتمی  $AB_2$  خمیده بدون پیوند مانند  $H_2O$**   
 در مورد مولکول آب، به دلیل تفاوت الکترونگاتیوی زیاد بین اکسیژن و هیدروژن ( $\Delta x = 1/3$ ) سطح انرژی اوربیتالهای اتمی اکسیژن نسبت به اوربیتال 1s اتمهای هیدروژن بسیار پایین‌تر است. به طوری که اوربیتال 1s اتم هیدروژن، نمی‌تواند با اوربیتالهای 1s اتمهای هیدروژن همپوشانی کند و به صورت غیر پیوندی باقی می‌ماند. اوربیتال 1s یکی از اتمهای هیدروژن با اوربیتال 2pz اتم اکسیژن و اوربیتال 1s اتم H دیگر با اوربیتال 2pz اتم اکسیژن همپوشانی می‌کند و دو اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی سیگما را به‌وجود می‌آورند و دو اوربیتال 2px و 2py اتم مرکزی (اکسیژن) غیر پیوندی باقی می‌مانند. اما به دلیل پر بودن این دو اوربیتال غیر پیوندی مولکولی و وجود دافعه بین این جفت الکترونها غیر پیوندی از یکطرف و دافعه بین الکترونها پیوندی و غیر پیوندی از طرف دیگر، دو پیوند سیگما نمی‌توانند در يك راستا قرار گیرند و به ناچار در صفحه XZ (یا YZ) به سمت محور X (یا Y، تا حد زاویه  $104/5^\circ$ ) خم می‌شود. از این‌رو، یکی از اوربیتالهای غیر پیوندی مثلا 2px امکان همپوشانی با اوربیتالهای پیوندی را پیدا می‌کند و تساحدی دارای خصلت پیوندی می‌شود. از این‌رو، دو اوربیتال غیر پیوندی مولکول، دیگر نمی‌توانند هم‌تراز باقی بمانند. بلکه بین آنها شکافتگی (جدایی) روی می‌دهد و اوربیتال 2px در سطح پایین‌تری از نظر انرژی نسبت به 2py قرار می‌گیرد.



شکل ۷) تا اندازه‌ای خصلت پیوندی داشته و آزادی کامل برای شرکت در فعالیت شیمیایی را ندارد.

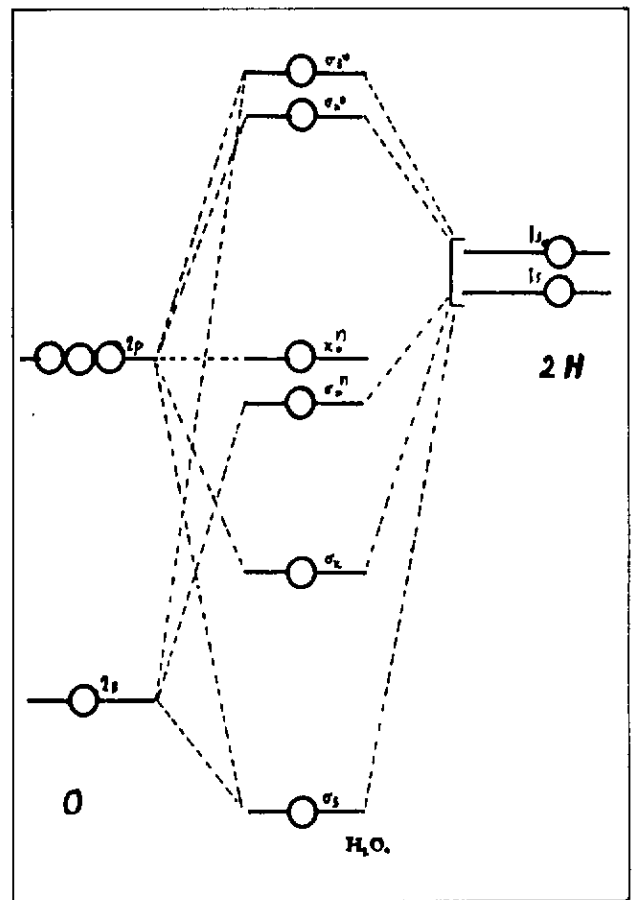
ج) مولکول سه اتمی  $AB_2$  خطی با پیوند مانند  $CO_2$  با توجه به تفاوت نسبتاً زیاد الکترونگاتیوی اکسیژن و کربن، اوربیتالهای  $2s$  اتمهای اکسیژن در سطح انرژی بسیار پایین‌تر از اوربیتال  $2s$  اتم کربن (اتم مرکزی) قرار دارند و نمی‌توانند با آن همپوشانی کنند و از این رو، به صورت غیر پیوندی باقی می‌مانند. چون مولکول خطی است، اوربیتالهای  $Pz$  دو اتم اکسیژن، یکی با اوربیتال  $2s$  اتم کربن و دیگری با اوربیتال  $2Pz$  اتم کربن به طور محوری (سر با سر: head-to-head) همپوشانی کرده دو اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma^*$  را به وجود می‌آورند و اوربیتال  $2Px$  اتم کربن با اوربیتال  $2Px$  یکی از اتمهای اکسیژن و اوربیتال  $2Py$  اتم کربن نیز با اوربیتال  $2Py$  اتم اکسیژن دیگر به طور جانبی همپوشانی کرده و دو اوربیتال مولکولی



شکل ۸- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CO_2$

نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $H_2O$  در شکل ۷ نشان داده شده است، براساس این نمودار، آرایش الکترونی مولکول به صورت  $(\sigma_{1s})^2(\sigma_p)^2(\pi_x)^2(\pi_y)^2$  است (تراز  $\sigma_{1s}^*$  در شکل نشان داده نشده است). مرتبه کل پیوند برابر  $2$  ( $n = \frac{4 - 0}{2} = 2$ ) و مرتبه هر پیوند  $O-H$  برابر  $1$ ، طول پیوند برابر  $0.958$  آنگستروم، زاویه بین پیوندی  $104/5^\circ$  و میانگین انرژی پیوند  $O-H$  برابر  $117/5$  کیلو کالری بر مول است. مولکول قطبی و ممان دو قطبی آن  $1/85$  دای (قطبی‌تر از مولکول آمونیاک) است.

براساس این نمودار، به روشنی می‌توان دریافت که چرا مثلاً هر مولکول آب فقط با یک  $H^+$  واکنش می‌دهد و یون  $H_3O^+$  (یون هیدرونیوم) تولید می‌کند، یا در نقش لیگاند در ترکیبهای کوئوردیناسیون (کمپلکسها)، تنها یک جفت



شکل ۷- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $H_2O$

الکترون غیر پیوندی خود را به اتم مرکزی واگذار می‌کند (یعنی لیگاند یک دندانه است) و یا چرا غالباً (در دماهای بالا، یک جفت الکترون غیر پیوندی خود را در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت می‌دهد. دلیل این رویدادها این است که یک جفت الکترون غیر پیوندی آن ( $\sigma^*$ ) در نمودار

پیوندی  $\pi$  و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\pi^*$  تشکیل می‌دهند و اوربیتال  $2P_x$  یکی از اتمهای اکسیژن و اوربیتال  $2P_y$  اتم اکسیژن دیگر که اوربیتال همتایی بر روی اتم کربن برای آنها وجود ندارد، به صورت غیر پیوندی باقی می‌مانند.

نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CO_2$  در شکل ۸ نشان داده شده است. براساس این نمودار، آرایش الکترونی این مولکول به صورت:

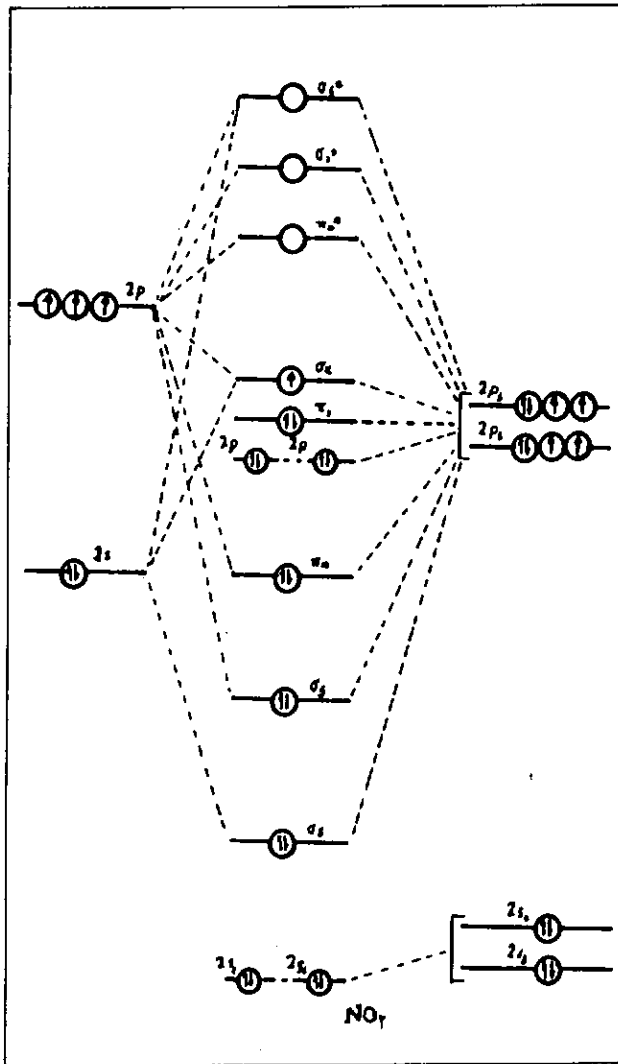
$(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p_z})^2(\pi_{2p_x}=\pi_{2p_y})^4(\pi_{2p_x}^*=\pi_{2p_y}^*)^0$  است (ترازهای انرژی  $\sigma_{1s}^*$  و  $\sigma_{2s}^*$  در شکل ۸ نشان داده نشده است). این مولکول الکترونهاي جفت نشده ندارد و از این رو، دیامغناطیس است و چون ساختار خطی متقارن دارد، غیر قطبی است. مرتبه کلا پیوند آن  $\frac{1}{2}(n - \pi - \pi^*) = 4$  است و مرتبه هر پیوند «کربن -

اکسیژن» برابر ۲ (یک پیونده و یک پیوند  $\pi$ ) یعنی:  $\text{O} \equiv \text{C} \equiv \text{O}$  است. طول پیوند آن  $1/62$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن  $127$  کیلو کالری برمول است.

وضعیت مولکولهای دیگری مانند  $CS_2$ ،  $BeF_2$  و غیره، مشابه مولکول  $CO_2$  است.

(د) مولکولهای سه اتمی  $AB_2$  خمیده بدون پیوند مانند مولکول  $NO_2$  یا یون  $NO_2^-$

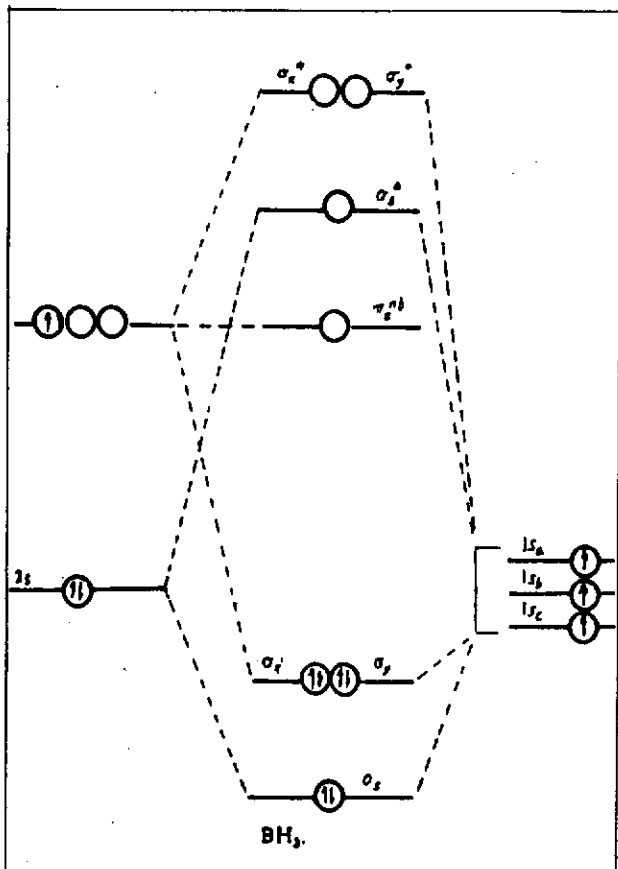
وضعیت کلی نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی این دسته از مولکولها، به طور کلی مشابه نمودار تراز انرژی اوربیتال مولکولی  $CO_2$  است. اما به دلیل باقی ماندن الکترون (الکترونهاي) غیر پیوندی بر روی اتم مرکزی و ایجاد دافعه بین الکترونهاي غیر پیوندی و الکترونهاي پیوندی، مولکول وضعیت خمیده به خود می‌گیرد (زاویه پیوندی کوچکتر از  $180^\circ$  است) و از این رو، اوربیتالهای غیر پیوندی همترازی خود را از دست می‌دهند و شکافتگی (splitting) حاصل می‌کند. نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $NO_2$  در شکل ۹ نشان داده شده است. همان طور که از این نمودار برمی‌آید، اوربیتالهای  $2s$  اتمهای اکسیژن در سطح انرژی بسیار پایین تر نسبت به اوربیتال  $2s$  اتم نیتروژن (اتم مرکزی) قرار دارند (به دلیل الکترونگاتیوی بالای اکسیژن) و از این رو، شرایط همپوشانی با اوربیتال  $2s$  اتم نیتروژن را ندارند و در نتیجه، به صورت غیر پیوندی باقی می‌مانند. اوربیتال  $2s$  اتم نیتروژن با اوربیتال  $2p_z$  یکی از اتمهای اکسیژن و اوربیتال  $2p_z$  اتم نیتروژن نیز با اوربیتال  $2p_z$  اتم اکسیژن دیگر به طور محوری همپوشانی کرده و دو اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و دو اوربیتال مولکولی ضد



شکل ۹- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $NO_2$

پیوندی  $\sigma$  را به وجود می‌آورند و یکی از اوربیتالهای  $2P$  دیگر اتم نیتروژن مثلا در اینجا اوربیتال  $2p_y$  اتم نیتروژن که شرایط همپوشانی با اوربیتال  $2p_y$  یکی از اتمهای اکسیژن را دارد با آن به صورت جانبی همپوشانی می‌کند و یک اوربیتال مولکولی پیوندی  $\pi$  و یک اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\pi^*$  را به وجود می‌آورد. در نتیجه، چهار اوربیتال باقیمانده لایه ظرفیت اتمهای اکسیژن و نیتروژن ( $2P_x$  از اتم نیتروژن  $2P_x$  و  $2P_x$  از دو اتم اکسیژن و  $2P_y$  از یک اتم اکسیژن) به صورت غیر پیوندی باقی می‌مانند. اما همان طور که اشاره شد، به دلیل خم شدن مولکول مثلا در صفحه  $XZ$  به سمت محور  $X$ ، این چهار اوربیتال غیر پیوندی در یک تراز انرژی قرار نمی‌گیرند و اوربیتال  $2P_x$  دو اتم اکسیژن و اوربیتال  $2P_x$  اتم نیتروژن به علت اینکه تا اندازه ای خصلت پیوندی پیدا می‌کنند نسبتاً پایداری حاصل می‌کنند و سطح انرژی آنها از حد انتظار پایین تر قرار می‌گیرد و بدین ترتیب، این چهار

طول پیوند برابر  $1/23$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن  $93$  کیلو کالری بر مول است مولدول فافد الکترونیهای جفت نشده و دیامغناطیس است و به دلیل داشتن ساختار سطح مثلثی منظم که اتم بور در مرکز آن قرار دارد، مولکولی غیر قطعی است. اما به دلیل داشتن کمبود الکترون در شرایط معمولی ناپایدار است و به دیمر پایدار به نام دی بوران  $B_2H_6$  تبدیل می شود. مولدولها و یونهای مانند  $AlH_3$ ،  $AlCl_3$ ،  $CH_3^+$  و غیره نیز وضعیت مشابهی دارند.



شکل ۱۰- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BH_3$

ب) مولکولهای چهار اتمی  $AB_3$  سطح مثلثی با یک پیوند مانند  $BF_3$

نمودار اوربیتال مولکولی  $BF_3$  تا حدی مشابه نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BH_3$  است. اما در اینجا باید امکان تشکیل پیوند  $\pi$  پیوند اتم مرکزی (B) و اتمهای فلورین را نیز در نظر گرفت. اوربیتالهای  $1s$  و  $2s$  اتمهای فلورین و اوربیتال  $1s$  اتم بور به دلیل قرار داشتن در سطح انرژی بسیار پایین تر، نمی توانند در همپوشانی و تشکیل پیوند شرکت کنند. چون مولکول مسطح است، اوربیتال  $2p_z$  اتم بور و اوربیتال  $2p_z$  اتمهای فلورین که همگی بر صفحه شکل مولکول عمودند، نمی توانند

اوربیتال سه تراز (یک تراز دوتایی و دو تراز یکتایی) تشکیل می دهند.

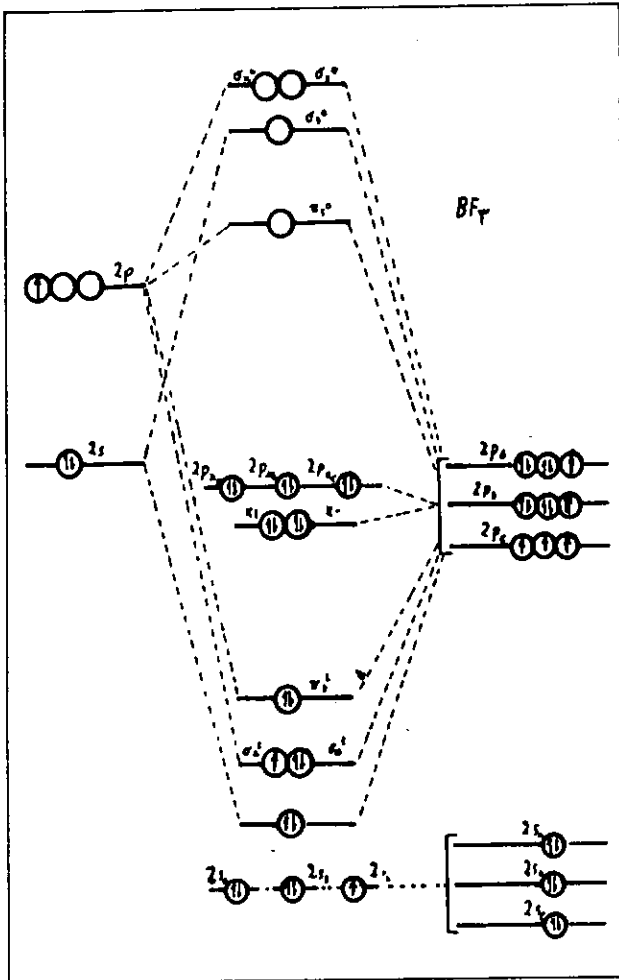
آرایش الکترونی مولکول  $NO_2$  به صورت  $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_y)^2(\pi_z)^2(\pi_x)^2(\pi_x^*)^2(\sigma_x)^1$  است. یعنی دارای یک الکترون جفت نشده و پارامغناطیس و بسیار فعال است و در شرایط معمولی به صورت مولکول دیمر  $(O_2N \cdot NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4)$  در می آید. مرتبه پیوندی کل آن برابر  $3$  ( $n = \frac{4-0}{2} = 2$ ) در می آید. مرتبه هر پیوند «اکسیژن - نیتروژن» برابر  $1/5$  یعنی یک پیوند  $\sigma$  و  $1/5$  پیوند  $\pi$  است. زاویه پیوندی برابر  $132^\circ$ ، طول پیوند  $N-O$  برابر  $1/20$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن  $72$  کیلو کالری بر مول است.

وضعیت تراز انرژی یون  $NO_2^-$  مولکولهای  $NOCl$ ،  $NO_2$ ،  $SO_2$ ،  $SO_3$  و غیره مشابه تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $NO_2$  است.

III) مولکولهای چهار اتمی  $AB_3$

الف) مولکولهای چهار اتمی  $AB_2$  مسطح بدون پیوند مانند  $BH_2^+$

با توجه به اینکه این مولکول ساختار مسطح دارد، اوربیتال  $2s$  اتم بور که در راستای عمود بر صفحه شکل مولکول قرار دارد، نمی تواند در تشکیل پیوند شرکت کند و از این رو غیر پیوندی باقی می ماند و اوربیتال  $2s$  اتم بور با یک اوربیتال  $1s$  یکنی از اتمهای هیدروژن همپوشانی کرده، یک اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و یک اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma^*$  تشکیل می دهند و اوربیتال  $2s$  و  $2p_x$  اتم بور، هر یک با یک اوربیتال  $1s$  دو اتم هیدروژن همپوشانی کرده و دو اوربیتال مولکولی پیوندی هم تراز  $2p_x$  و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی هم تراز  $2p_y$  و  $2p_z$  تشکیل می دهند. نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BH_2^+$  در شکل ۱۰ نشان داده شده است. براساس این نمودار آرایش الکترونی مولکول به صورت  $(\sigma_{1s})^2(\sigma_{1s}^*)^2(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2p_x})^2(\sigma_{2p_y})^2(\sigma_{2p_z})^2$  است (تراز  $\sigma_{2s}^*$  در نمودار نشان داده شده است). مرتبه پیوندی کل برابر  $3$  ( $n = \frac{6-0}{2} = 3$ ) است و مرتبه هر پیوند «هیدروژن-بور» برابر  $1$  است ( $B-H$ ) و در نتیجه اتم مرکزی بور دارای کمبود الکترون است و با داشتن یک اوربیتال خالی در لایه ظرفیت یعنی اوربیتال مولکولی غیر پیوندی  $\pi_{2s}^*$ ، در نقش اسیدلوئیس می تواند پذیرنده الکترون باشد و از طریق پیوند داتیو ترکیبهای کمپلکس تشکیل دهد مانند:  $BH_2^+ + H^- \rightarrow [BH_2]^+$



شکل ۱۶- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BF_3$

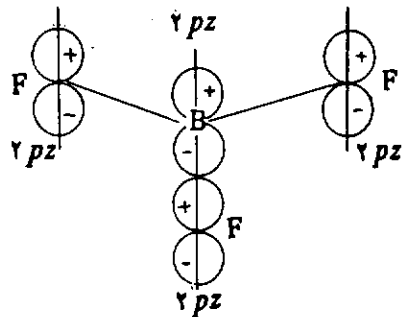
شبه بلور، این پیوند  $\pi$  گسسته شده و یک پیوند داتیو کوئرتر B-F جای آن را می‌گیرد و یون بسیار پایدار  $BF_4^-$  (یون تترا فلونور و بورات) تشکیل می‌شود. طول پیوند B-H برابر  $1/29$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن  $154$  کیلو کالری بر مول است.

وضعیت تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی گونه‌های شیمیایی مسطح دیگر، مانند  $NO_3^-$  و  $CO_3^{2-}$  و غیره که یک پیوند  $\pi$  دارند نیز مانند  $NF_3$  است.

(IV) مولکولهای چهار اتمی  $AB_3$  هرمی شکل بدون پیوند  $\pi$  مانند  $NH_3$

چون الکترونگاتیوی نیتروژن از الکترونگاتیوی هیدروژن بیشتر است، اوربیتال  $1s$  اتم نیتروژن در سطح انرژی بسیار پایین‌تر قرار می‌گیرد به طوری که نمی‌تواند با اوربیتال  $1s$  اتمهای هیدروژن همپوشانی کند. از این رو، به صورت غیر پیوندی باقی می‌ماند اوربیتال  $2s$  اتم نیتروژن با اوربیتال  $1s$  یکی از اتمهای هیدروژن همپوشانی می‌کند یک اوربیتال مولکولی پیوندی و یک

تشکیل پیوند  $\pi$  شرکت کنند و در این مرحله، غیر پیوندی باقی می‌مانند. تنها اوربیتال  $2s$  اتم بور با یک اوربیتال  $2p_x$  از یک اتم فلونور، و اوربیتالهای  $2p_y$  و  $2p_x$  اتم بور نیز دو اوربیتال P دو اتم دیگر فلونور، مثلا  $2p_x$  از یک اتم و  $2p_y$  از اتم دیگر همپوشانی کرده سه اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و سه اوربیتال مولکولی ضد پیوندی سیگما به وجود می‌آورند. با توجه به کوتاه بودن نسبی طول پیوند B-F و امکان درهم رفتن همپوشانی جانبی اوربیتالهای غیر پیوندی  $2p_z$  اتم بور و اتمهای فلونور، هر یک از اوربیتالهای  $2p_z$  اتمهای فلونور به میزان یک سوم درهمپوشانی جانبی با اوربیتال غیر پیوندی  $2p_z$  اتم بور همپوشانی کرده، یک اوربیتال مولکولی پیوندی  $\pi$  و یک اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\pi$  را به وجود می‌آورند که بر صفحه پیوندهای  $\sigma$  عمود است.



نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $BF_3$  در شکل ۱۱ نشان داده شده است. همان‌طور که از این نمودار می‌توان دریافت، پنج اوربیتال غیر پیوندی بر روی اتمهای F باقی می‌مانند که همترازی ندارند. دلیل آن بسیار روشن است. زیرا از سه اوربیتال  $2p_z$  اتمهای فلونور که توانایی تشکیل پیوند  $\pi$  را دارند، تنها یکی از آنها در پیوند  $\pi$  شرکت داده شده. پس دو اوربیتال  $2p_z$  باقیمانده تا اندازه‌ای خصلت پیوندی داشته در سطح انرژی پایین‌تری نسبت به اوربیتالهای کاملاً غیر پیوندی  $p_x$  و  $p_y$  قرار دارند.

آرایش الکترونی مولکول به صورت  $(1\sigma = \sigma_{1s} = \sigma_{2s})^2 (\sigma_{2p_z})^2 (\sigma_{2p_x})^2 (\sigma_{2p_y})^2 (\pi_{2p_x})^2 (\pi_{2p_y})^2 (\sigma_{2p_x})^2 (\sigma_{2p_y})^2 (\sigma_{2p_z})^2$  است.  $\sigma_{2p_z}$  های غیر پیوندی اتمهای فلونور و اتم بور در شکل نشان داده نشده است. مولکول فاقد الکترونهاست جفت نشده بوده، دیامغناطیس است. مرتبه پیوندی کسل آن  $\nu = \frac{8 - 0}{2} = 4$  و مرتبه هر پیوند «فلونور - بور» برابر ۱ است (یک پیوند  $\sigma$  و یک پیوند  $\pi$   $(B \frac{3}{2} F \pi)$ ). در نتیجه مولکول کمبود یک جفت الکترون لایه ظرفیت خود را از طریق تشکیل یک پیوند  $\pi$  بین اتمهای خود برطرف می‌کند. از این رو، در شرایط معمولی پایدار است و البته در مجاورت یون F و غیره، در محلول یا در

آمونیاک را به روشنی توجیه کرد. مثلا چون يك اوربیتال جفت الکترونی غیر پیوندی در تراز بالاتر از ترازهای پیوندی دارد و می‌تواند آن را واگذار کند، خاصیت بازی (بازلویس) دارد. از طرفی، چون این جفت الکترون از تراز غیر پیوندی نسبتاً پایین‌تر است و همان‌طور که گفته شد تا حدی خصالت پیوندی پیدا کرده است. بنابراین نمی‌تواند به‌آسانی واگذار شود. از این‌رو، آمونیاک خاصیت بازی نسبتاً ضعیفی دارد. حتی در نقش لیگاند در تشکیل کمپلکسها، يك لیگاند متوسط محسوب می‌شود. قرار دادن گروههای القایی مثبت مانند گروههای متیل یا اتیل به‌جای اتمهای هیدروژن که موجب بالا رفتن سطح انرژی این اوربیتال غیر پیوندی می‌شود، قابلیت واگذار شدن آن بیشتر می‌شود و به‌همین دلیل است که آمینها بازهای قویتر از آمونیاک‌اند. چنانچه گروههای القایی منفی مانند گروه فنیل به‌جای اتمهای هیدروژن در آمونیاک قرار گیرند، چون سطح تراز انرژی این اوربیتال غیر پیوندی پایین‌تر می‌رود و امکان واگذار شدن آن کمتر می‌شود، قدرت بازی آن کاهش می‌یابد. به‌همین دلیل است که فنیل آمین بازی ضعیفتر از آمونیاک است.

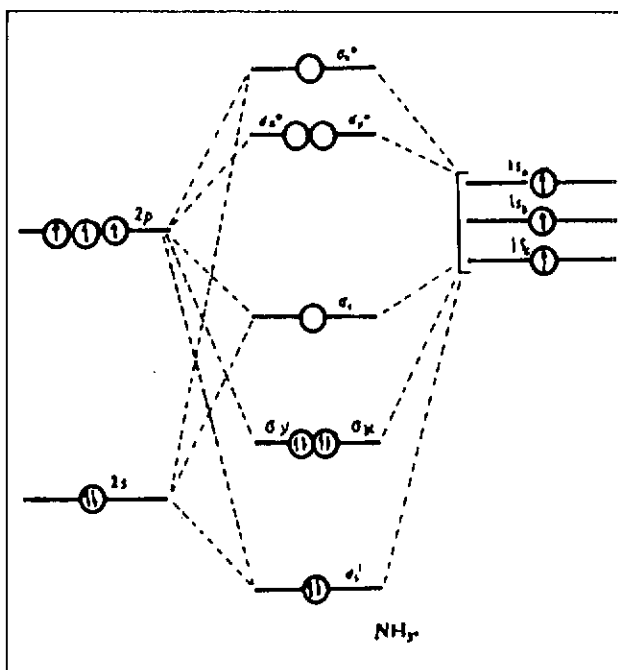
وضعیت تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $PH_3$ ،  $PF_3$ ،  $NCl_3$ ،  $AsH_3$  و غیره مشابه تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $PH_3$  است.

#### ۷) مولکول پنج اتمی چهار وجهی $AB_4$ مانند $CH_4$

در مورد مولکول متان، چنانچه هیبریداسیون اوربیتالهای کربن را براساس نظریه پیوند ظرفیت در نظر بگیریم، نمودار تراز انرژی مطابق شکل ۱۳ خواهد بود. چون تراز انرژی اوربیتال  $1s$  اتم کربن بسیار پایین‌تر از تراز انرژی اوربیتال  $1s$  اتمهای هیدروژن قرار می‌گیرد، نمی‌تواند در همپوشانی شرکت کند. در نتیجه، به‌صورت غیر پیوندی باقی می‌ماند (در شکل ۱۳ نشان داده نشده است). اوربیتال  $2s$  اتم کربن که از نظر تقارن و از نظر سطح انرژی شرایط همپوشانی با اوربیتال  $1s$  اتمهای هیدروژن را دارد، با اوربیتال  $1s$  یکی از اتمهای هیدروژن همپوشانی کرده، يك اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  و يك اوربیتال مولکول ضد پیوندی  $\sigma^*$  تشکیل می‌دهد و سه اوربیتال  $2P_x$ ،  $2P_y$ ،  $2P_z$  اتم کربن نیز که شرایط انرژی و تقارن با سه اوربیتال  $1s$  از سه اتم هیدروژن دیگر دارند با آنها همپوشانی کرده، سه اوربیتال مولکولی پیوندی هم‌تراز  $\sigma_x$ ،  $\sigma_y$ ،  $\sigma_z$  و سه اوربیتال ضد پیوندی  $\sigma_x^*$ ،  $\sigma_y^*$ ،  $\sigma_z^*$  را تشکیل می‌دهند.

آرایش الکترونی مولکول به صورت  $(\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z)^2$  و مرتبه کل پیوندی مولکول برابر ۴

اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma_x^*$  را به‌وجود می‌آورد و اوربیتالهای  $2P_x$  و  $2P_y$  اتم نیتروژن با دو اوربیتال  $1s$  دو اتم دیگر هیدروژن همپوشانی می‌کنند و دو اوربیتال پیوندی  $\sigma_x$  و  $\sigma_y$  و دو اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma_x^*$  و  $\sigma_y^*$  را به‌وجود می‌آورند و اوربیتال  $2P_z$  اتم نیتروژن غیر پیوندی باقی می‌ماند. اما به‌دلیل اینکه این اوربیتال غیر پیوندی پر شده است و بر الکترونهای پیوندی دافعه الکتروستاتیکی وارد می‌کند، در نتیجه، الکترونهای پیوندی به یکدیگر نزدیکتر می‌شوند ( $107^\circ$ ) و مولکول به‌شکل هرم با قاعده سه‌بر درمی‌آید. این خود موجب می‌شود که اوربیتال غیر پیوندی  $2P_z$  تا حدی با اوربیتالهای پیوندی اختلاط حاصل کرده و تا اندازه‌ای خصالت پیوندی پیدا کند. از این‌رو سطح انرژی آن نسبتاً پایین‌تر می‌آید. نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $NH_3$  در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



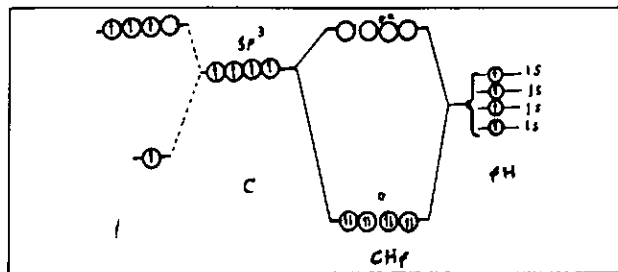
شکل ۱۳- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $NH_3$

براساس این نمودار، آرایش الکترونی مولکول به صورت:

$(\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z)^2 (\sigma_x^* = \sigma_y^* = \sigma_z^*)^0$  است (تراز  $\sigma_x^*$  در نمودار نشان داده نشده است). مولکول فاقد الکترون جفت‌نشده و دیامغناطیس است. مرتبه کل پیوند آن برابر  $(n = \frac{6 - 2}{2} = 3)$  و مرتبه هر پیوند  $N-H$  را  $1$  است. طول پیوند برابر  $1014/1$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوندی آن  $92/2$  کیلو کالری بر مول است. مولکول قطبی و همان دو قطبی آن  $1/47$  دبا (کمتر از قطبیت مولکول آب) است.

براساس این نمودار می‌توان برخی از خواص شیمیایی

مولکولی متان، همان‌طور که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، کمی تفاوت می‌کند؛ زیرا چهار اوربیتال هیبریدی  $sp^3$  با داشتن شرایط همپوشانی با چهار اوربیتال  $1s$  از چهار اتم هیدروژن همپوشانی کرده، چهار اوربیتال مولکولی پیوندی  $\sigma$  هم‌تراز و چهار اوربیتال مولکولی ضد پیوندی  $\sigma^*$  هم‌تراز را به وجود می‌آورند و هشت الکترون لایه ظرفیت مولکول (۴ الکترون از اتمهای هیدروژن و چهار الکترون از اتم کربن) مطابق شکل ۱۴ چهار اوربیتال پیوندی هم‌تراز را اشغال می‌کنند و چهار پیوند از هر نظر مشابه یکدیگر خواهند بود.



شکل ۱۴- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CH_4$  با در نظر گرفتن هیبریداسیون اوربیتالهای کربن

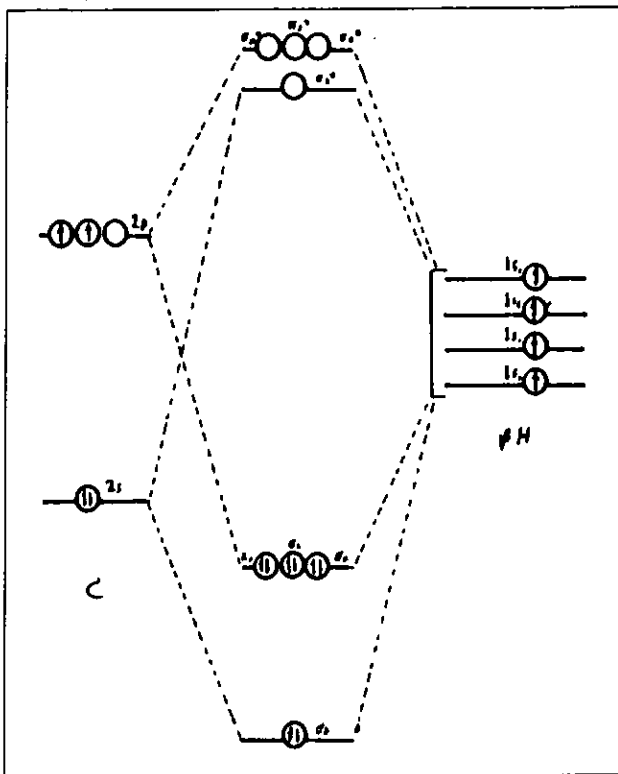
طول پیوند  $C-H$  برابر  $1/093$  آنگستروم و میانگین انرژی پیوند برابر  $101$  کیلو کالری بر مول است. وضعیت تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CF_4$ ،  $CCl_4$ ،  $CBr_4$ ،  $Cl_4$ ،  $SiH_4$  و غیره نیز مشابه نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CH_4$  است.

در پایان این بحث، ویژگیها و خواص انواع مولکولهای که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند، در جدول ۱ گردآوری و جمع‌بندی شده است.

جدول ۱- ویژگیها و خواص نمونه‌هایی از انواع مولکولهای چنداتمی

ردیف	شکل هندسی	مولکول	تعداد پیوندها	مرتب پیوند	زاویه پیوندی	طول پیوند	انرژی پیوند	ممان دو قطبی (دبای)
۱	خطی	HF	۱۵	۱	—	۰/۹۲	۱۳۴/—	۱/۸۳
۲	خطی	HLi	۱۵	۱	—	۱/۵۹	۵۸/—	۵/۸۸
۳	خطی	NO	$15 + 1\frac{1}{2}\pi$	۲/۵	—	۱/۱۵	۱۶۲/—	۰/۱۵
۴	خطی	CO	$15 + 2\pi$	۳	—	۱/۱۲۸	۲۵۵/۸	۰/۱۲۸
۵	خطی	$BeH_2$	۲۵	۲	$180^\circ$	۱/۳۴۳	۵۳/—	۰
۶	خمیده	$H_2O$	۲۵	۲	$104/5^\circ$	۰/۹۵۸	۱۰۴/۵	۱/۸۵
۷	خطی	$CO_2$	$25 + 2\pi$	۲	$180^\circ$	۱/۶۲	۱۲۷/—	۰
۸	خمیده	$NO_2$	$25 + \pi$	۱/۵	$132^\circ$	۱/۲۰	۷۲/—	۰/۳۹
۹	مسطح مثلثی	$BH_3$	۳۵	۱	$120^\circ$	۱/۲۳	۹۳/—	۰
۱۰	مسطح مثلثی	$BF_3$	$35 + \pi$	۱/۳۳	$120^\circ$	۱/۲۹	۱۵۴/—	۰
۱۱	هرم مثلثی	$NH_3$	۳۵	۱	$107^\circ$	۱/۰۱۴	۹۳/—	۱/۴۷
۱۲	چهار وجهی	$CH_4$	۲۵	۱	$109^\circ 28'$	۱/۰۹۳	۱۰۱/—	۰

۴  $(n = \frac{8-0}{2} = 4)$  است و مولکول فاقد الکترونهای جفت نشده و دیامغناطیس است. چون چهار پیوند آن با آرایش چهار وجهی منتظم در اطراف اتم مرکزی قرار می‌گیرند، مولکول غیر قطبی ( $\mu = 0$ ) است.



شکل ۱۴- نمودار تراز انرژی اوربیتالهای مولکولی  $CH_4$

اما با در نظر گرفتن هیبریداسیون اوربیتالهای اتم مرکزی (اتم کربن) وضعیت تراز انرژی اوربیتالهای





## امتحان

### گزینش دانشجو

### برای دانشگاه‌ها و مؤسسات

### آموزش عالی کشور

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی

آزمون مرحله اول ۷۰-۶۹

۱- هر مول پروپن با چند مول اکسیژن به طور کامل می‌سوزد؟

(۱) ۳ (۲) ۷/۵ (۳) ۶ (۴) ۷/۵

۲- فرمول اسید استئاریک کدام است؟

(۱)  $C_{15}H_{31} - COOH$  (۲)  $C_{17}H_{33} - COOH$

(۳)  $C_{17}H_{35} - COOH$  (۴)  $C_{29}H_{59} - COOH$

۳- در تبدیلات  $C \xrightarrow{H_2O} B \xrightarrow{A} C$  اکسیژن + اتیلن، A و C کدامند؟

(۱) نیکل و اتیلن گلیکول (۲) نیکل و اتیل الکل

(۳) نقره و اتیل الکل (۴) نقره و اتیلن گلیکول

۴- ۱۰ میلی لیتر محلول نرمال اسید کلریدیک با چند گرم اتیل آمین خنثی می‌شود؟ (H=۱ و C=۱۲ و N=۱۴)

(۱) ۳/۶ (۲) ۴/۵ (۳) ۵/۴ (۴) ۹/۵

۵- جرم آب حاصل از سوختن کامل کدوم نیتروکربن ۱/۵ برابر جرمی از آن است که می‌سوزد؟ (O=۱۶ و C=۱۲ و H=۱)

(۱)  $C_2H_8$  (۲)  $C_4H_{10}$  (۳)  $C_5H_{12}$  (۴)  $C_6H_{14}$

۶- در کدام ترکیب هر چهار نوع اتم کربن وجود دارد؟

(۱)  $CH_3 - CH(CH_3) - C(CH_3)_2 - CH_3$

(۲)  $CH_3 - C(CH_3)_2 - C(CH_3)_2 - CH_3$

(۳)  $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(۴)  $CH_3 - C(CH_3)_2 - CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$

۷- نام

$CH_3 - CH(C_6H_5) - CH(C_6H_5) - CH_2 - CH_3$

به روش ایوپاک کدام است؟

(۱) ۳، ۲-دی اتیل بنتان (۲) ۳، ۳-دی اتیل بنتان

(۳) ۳-متیل-۴-اتیل هگزان (۴) ۳-اتیل-۴-متیل هگزان

۸- آرایش الکترونی اتم کربن در ساختمان مولکول اسهیلن کدام است؟


(۱)  $\begin{matrix} \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc \\ \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc \end{matrix}$

(۲)  $\begin{matrix} \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc \\ \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc & \bigcirc \end{matrix}$

۹- دی اتیل اتر در برابر نور و اکسیژن هوا به کدام ماده تبدیل می‌شود؟

(۱) اتیل الکل (۲) استالید

(۳) پراکسید اتر (۴) ۳، ۲- بوتان دی‌ال

۱۰- چه کسی فرمول  را برای بنزن پیشنهاد کرد؟

(۱) برتلو (۲) ککوله (۳) کوله (۴) وهلر

۱۱-  $C_6H_{10}$  را به چند تیدروکربن زنجیری (بدون در نظر گرفتن ایزومرهای هندسی) می‌توان نسبت داد؟

(۱) ۳ (۲) ۲ (۳) ۵ (۴) ۶

۱۲- تشابه خواص گروه کربنیل را در آلدهیدها و ستنها به کمک کدام ماده نمی‌توان تشخیص داد؟

(۱) تیدروژن گازی (۲) سیانید تیدروژن

(۳) سولفیت تیدروژن سدیم (۴) نترات نقره آمونیاکی

۱۳- در ساختمان گسترده گلوکز کدام عوامل وجود دارند؟

الف) اسیدی (ب) آلدهیدی (ج) الکی (د) آمینی

(۱) الف و ب (۲) الف و د (۳) ب و ج (۴) ج و د

۱۴- در تبدیلات  $A \xrightarrow{NH_3} B \xrightarrow{C} CH_3 - CN$  و  $A \xrightarrow{O} CH_3COCl$  کدامند؟

(۱)  $CH_3COCl$  و  $P_2O_5$



# امتحان

## گزینش دانشجو

### برای دانشگاهها و مؤسسات

### آموزش عالی کشور

گروه آزمایشی علوم تجربی  
آزمون مرحله اول ۶۹-۷۰

- ۱- کدام ماده از نقطه ذوب قطران زغال سنگ حاصل نمی شود؟  
 (۱ فنل (۲ گزیلنول (۳ اتانل (۴ آنتراسن  
 ۲- ماده اولیه کائوچوی ولکانیزه کدام است؟  
 (۱ بوتن (۲ بوتادین (۳ ۱-۳- بوتادین  
 (۳ ۲- کلرو-۳،۱- بوتادین (۴ ۲- متیل-۳،۱- بوتادین  
 ۳- معمولاً با کدام روش عدد اکتان را در بنزین سوپر بالا می برند؟  
 (۱ ایزومریزاسیون (۲ آلکیلاسیون  
 (۳ پولیمریزاسیون (۴ حلقوی کردن  
 ۴- شکل هندسی کدام مولکول خطی است؟  
 (۱ NO<sub>2</sub> (۲ OF<sub>2</sub> (۳ SO<sub>2</sub> (۴ BeF<sub>2</sub>  
 ۵- در گروه ششم جدول تناوبی عناصر با افزایش عدد اتمی، کدام ویژگی عناصر افزایش نمی یابد؟  
 (۱ انرژی یونیزاسیون (۲ جرم حجمی  
 (۳ شعاع اتمی (۴ نقطه ذوب  
 ۶- هیبریداسیون اریتهالهای اتم مرکزی در کدام ترکیب از نوع sp<sup>3</sup> است؟  
 (۱ BF<sub>3</sub> (۲ SO<sub>2</sub> (۳ PCl<sub>5</sub> (۴ CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>  
 ۷- با توجه به واکنشهای

... + گاز A → اسید کلریدریک + دی اکسید منگنز  
 ... + گاز B → اسید کلریدریک + سوانفیت سدیم

- (۲ NH<sub>3</sub> و CH<sub>3</sub>CONH<sub>2</sub>  
 (۳ P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> و CH<sub>3</sub>CHOHNH<sub>2</sub>  
 (۴ NH<sub>3</sub> و CH<sub>3</sub>CHOHNH<sub>2</sub>  
 ۱۵- فنانترن با کدام ماده ایزومر است؟  
 (۱ آنتراسن (۲ فنل (۳ گزیلن (۴ نفتالین  
 ۱۶- کدام ماده پولیمر نیست؟  
 (۱ اورلون (۲ سلولز (۳ نشاسته (۴ کرزول  
 ۱۷- زاویه پیوندی در کدام مولکول کوچکتر است؟  
 (۱ BCl<sub>3</sub> (۲ CCl<sub>4</sub> (۳ H<sub>2</sub>O (۴ NH<sub>3</sub>  
 ۱۸- در واکنش H<sub>2</sub> + F<sub>2</sub> → ۲HF نوع واکنش و نوع مولکول حاصله کدامند؟  
 (۱ گرمازا و قطبی (۲ گرمازا و غیرقطبی  
 (۳ گرماگیر و قطبی (۴ گرماگیر و غیرقطبی  
 ۱۹- مجموع تعداد پیوندها در مولکول اسید نیتریک چند است؟  
 (۱ ۳ (۲ ۴ (۳ ۵ (۴ ۶  
 ۲۰- زاغ سبز نام کدام ترکیب است؟  
 (۱ BaSO<sub>4</sub> (۲ CaSO<sub>4</sub> · ۲H<sub>2</sub>O  
 (۳ CuSO<sub>4</sub> · ۵H<sub>2</sub>O (۴ FeSO<sub>4</sub> · ۷H<sub>2</sub>O  
 ۲۱- پیشوند «پر» را در نام گذاری کدام اسید به کار می برند؟  
 (۱ HClO<sub>4</sub> (۲ H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>  
 (۳ H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (۴ H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>  
 ۲۲- کدام عبارت در مورد فسفات کلسیم نادرست است؟  
 (۱ در آب نامحلول است  
 (۲ به وسیله ریشه گیاه جذب می شود  
 (۳ فرمول Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> دارد  
 (۴ در نقاط مختلف کره زمین وجود دارد  
 ۲۳- کدام ویژگی در میان بیش از سیلان است؟  
 (۱ انرژی پیوندی (۲ طول پیوندها  
 (۳ فعالیت شیمیایی (۴ ناپایداری  
 ۲۴- از واکنش اسید سولفوریک با محلول کدام نمک، رسوب تشکیل می شود؟  
 (۱ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (۲ Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>  
 (۳ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (۴ Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>  
 ۲۵- در کدام دو ترکیب، هیبریداسیون اریتهالهای اتم مرکزی یکسان است؟  
 الف) CF<sub>4</sub> ب) BF<sub>3</sub> ج) NF<sub>3</sub> د) SF<sub>4</sub>  
 (۱ الف و د (۲ الف و ج (۳ ب و ج (۴ ب و د

محلول آبی و نازه A و B مشترکاً کدام خاصیت یا کاربرد را دارند؟

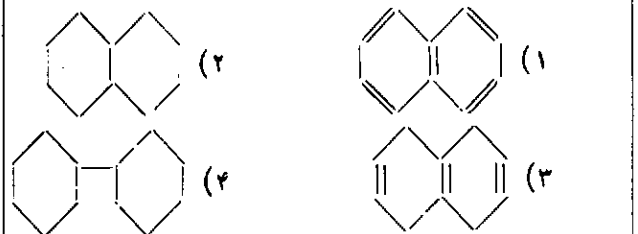
- (۱) احیا کنندگی (۲) رنگبری  
(۳) ضد عفونی (۴) عکاسی  
۸- محلول غلیظ کدام اسید در برابر گرما و نور به تدریج تغییر رنگ می دهد؟

- HCl (۱) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (۲)  
HNO<sub>3</sub> (۳) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (۴)

- ۹- از گرافیت در کدام مورد استفاده نمی شود؟  
(۱) تهیه روغنهای روان کننده (۲) تهیه الکتروود  
(۳) در ساختن مته ها (۴) در راکتورهای اتمی  
۱۰- کدام مورد درباره اسید فسفونیک نادرست است؟

- (۱) ضعیف تر از اسید فسفینیک  
(۲) دارای ۳ عامل اسیدی  
(۳) فرمول مولکولی H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>  
(۴) K<sub>1</sub> آن بزرگتر از K<sub>1</sub> اسید فسفریک  
۱۱- چه کسی از حرارت دادن سیانید متیل با پتاس، اسید استیک را تهیه کرد؟

- (۱) برتلو (۲) کوله (۳) لومری (۴) وهلر  
۱۲- فرمول ساختمانی نفتالین کدام است؟



- ۱۳- نام  
C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> - CH(CH<sub>3</sub>) - CH<sub>2</sub> - CH(CH<sub>2</sub>OH) - CH<sub>3</sub>  
کدام است؟

- (۱) ۴-متیل-۲-پنتانل  
(۲) ۲-متیل-۴-اتیل-۱-پنتانل  
(۳) ۴-دی-متیل-۱-هگزانل  
(۴) ۲-متیل-۴،۴-متیل، اتیل-۲-بوتانل  
۱۴- بوتن دارای چند ایزومر می باشد؟  
(۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵  
۱۵- کلرید بنزیل با کدام ماده ایزومر است؟  
(۱) کلرید اتیل بنزن (۲) کلرید وینیل بنزن  
(۳) مونوکلرو بنزن (۴) مونوکلروتولون

۱۶- کدام واکنش مونوکلرواتان تولید می کند؟

- (۱) Cl<sub>2</sub> با اتانال (۲) HCl با اتیلن  
(۳) Cl<sub>2</sub> با اتیلن (۴) HCl با استیلن

۱۷- کدام مورد در واکنش سوختن اتیلن در مقایسه با سوختن استیلن کمتر است؟

- (۱) تعداد مولهای حاصل (۲) دمای حاصل  
(۳) گرمای واکنش (۴) مولهای اکسیژن لازم

۱۸- از کدام ترکیب برای معطر کردن صابونهای ارزان قیمت استفاده می شود؟

- (۱) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-Br (۲) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH<sub>3</sub>  
(۳) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-NO<sub>2</sub> (۴) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-Cl

۱۹- عدد اکسیداسیون کربن آلفا در

CH<sub>3</sub> - CHOH - COOH کدام است؟

- (۱) ۰ (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

۲۰- محصول کلرآسیون کدام ماده در مجاورت سود، مایعی بی رنگ ایجاد می کند که در برابر نور با اکسیژن هوا ترکیب شده و فزون می دهد؟

- (۱) اتانال (۲) اتیل متیل استن  
(۳) پروپانال (۴) دی متیل استن

۲۱- قوت اسیدی کدامیک بیشتر است؟

- (۱) اسید استیک (۲) اسید مونوکلرواستیک  
(۳) اسیدتری کلرواستیک (۴) اسیددی کلرواستیک

۲۲- کدام اسید با اتیل الکل، استر C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub> می دهد؟

- (۱) اتانویک (۲) اکسالیک  
(۳) بوتیریک (۴) پروپانویک

۲۳- کدام بازقوی تر است؟

- (۱) دی متیل آمین (۲) دی فنیل آمین  
(۳) فنیل آمین (۴) متیل آمین

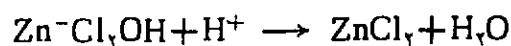
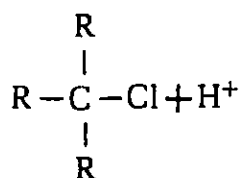
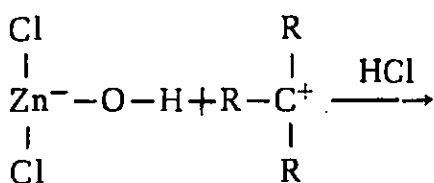
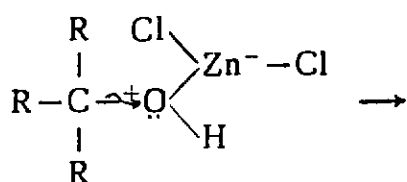
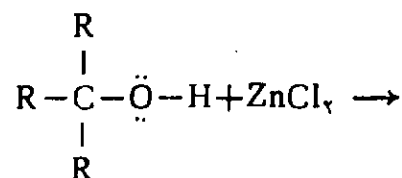
۲۴- کدام ماده مونوساکارید است؟

- (۱) ساکارز (۲) فروکتوز (۳) لاکتوز (۴) مالتوز

۲۵- کدام مواد موجود در پالککننده ها در اعماق رودخانه ها رسوب کرده و باعث زشد غیرعادی قارچها می شوند؟

- (۱) ترکیبات فسفردار  
(۲) نمک های فلزی اسیدهای چرب  
(۳) هیدروکربن های بدون شاخه فرعی  
(۴) یون های کلسیم و منیزیم

پاسخ -  $ZnCl_2$  به دلیل داشتن اربیتال خالی در لایه ظرفیت اتم Zn می تواند در نقش اسید لوئیس عمل کرده در پیوند داتیو جفت الکترون باشد. وجود دو اتم کلر، و اثر القایی منفی که بر Zn اعمال می کنند موجب می شود که  $ZnCl_2$  به عنوان اسید لوئیس قوی عمل کند. مکانیسم واکنش معرف لوکاس را با الکل های نوع سوم می توان چنین نوشت:



۴- همکار ارجمند ما آقای محمد رنجبر از منطقه ۱۴ آموزش و پرورش تهران پرسشهایی ارسال داشته اند که به بررسی آنها می پردازیم:

الف - در تست شماره ۲۶۵ سال ۶۹ مرحله اول کنکور سراسری چنین آمده است:

محصول کلر اسیون کدام ماده در مجاورت سود، مایمی بی رنگ ایجاد می کند که در برابر نور با اکسیژن هوا در اثر واکنش، فسژن می دهد؟

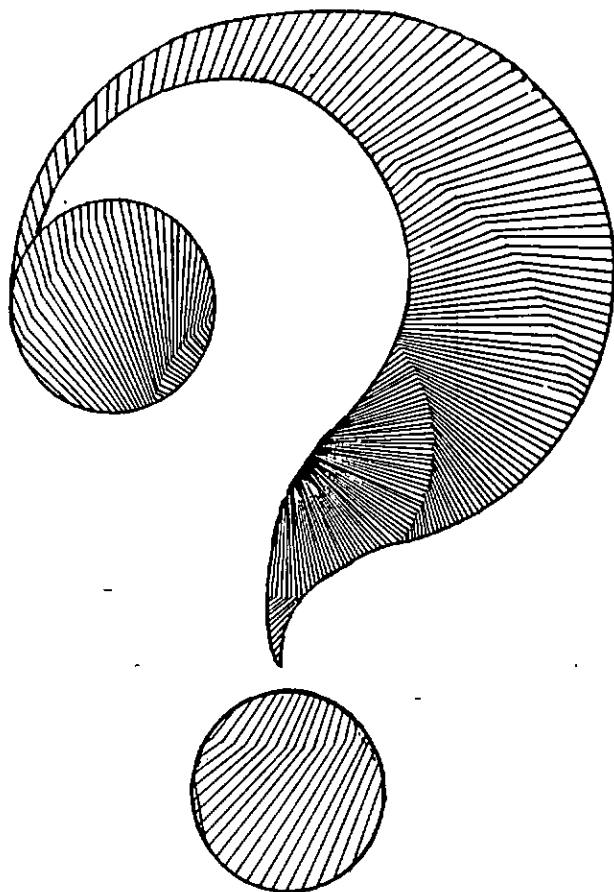
۱- اتانال

۲- اتیل متیل ستن

۳- پروپانل

۴- دی متیل ستن

با توجه به متن کتاب به نظر می رسد که گزینه های ۱ و ۴ درست باشند. ...

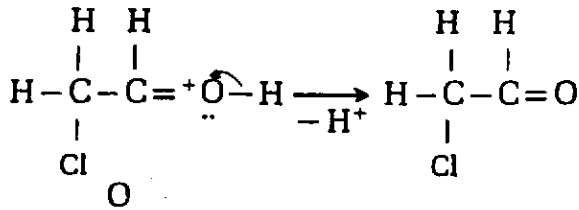
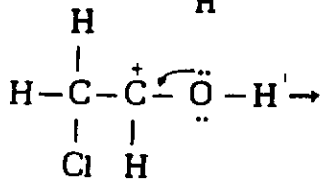
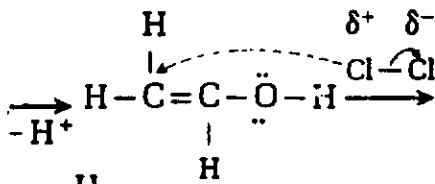
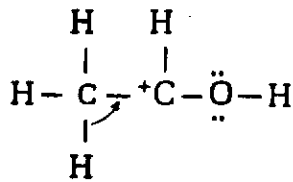
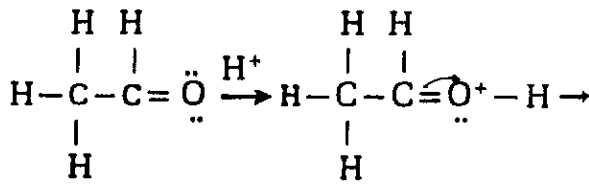


## پرسش و پاسخ

حام امینی

پرسش ۹- پرسش و پاسخ این هفته را با نامه همکارانمان در گروه شیمی شهرستان نقرش آغاز می کنیم که طی نامه ای خواستار توضیحی در مورد نقش  $ZnCl_2$  در واکنش معرف لوکاس با انواع الکلها شده اند.

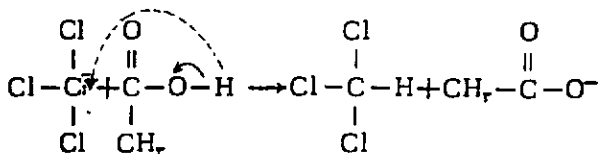
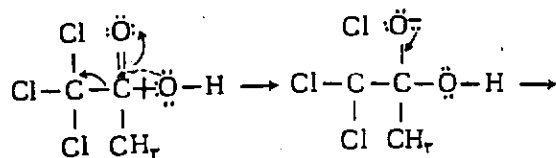
شود می توان واکنش زیر را در نظر گرفت:



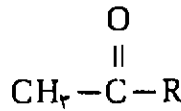
ب - ضمن کلرآسیون استن و تشکیل  $\text{CCl}_3-\text{C}-\text{CH}_3$  چرا تیدروژنهای گروه  $\text{CH}_3$  باقیمانده در اثر ادامه عمل با کلر جانشین نمی شود؟

پاسخ - چون واکنش کلرآسیون در محیط قلیایی انجام می شود و تری کلروستون پس از تشکیل با  $\text{OH}^-$  منفی وارد واکنش شده به کلروفرم مبدل می شود و فرصت کلرآسیون  $\text{CH}_3$  باقیمانده فراهم نمی شود.

مکانیسم واکنش تری کلروستون با  $\text{OH}^-$  چنین است:



پاسخ - نه تنها گزینیه های ۱ و ۴ درستند بلکه گزینیه ۳ نیز درست است. بنابراین، این نست دارای سه پاسخ درست است. باید در نظر داشت که ستونهایی که فرمول کلی

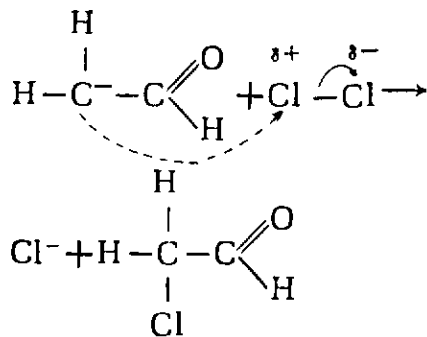
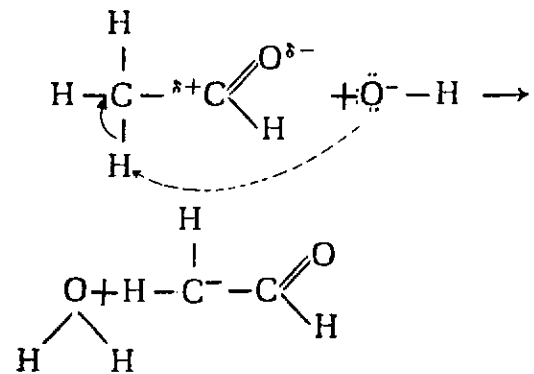


را دارند در این نوع واکنش کسه به واکنش هالو فرم Haloform مشهور است شرکت می کنند. بنابراین

کلرآسیون، انیل متیل ستن ( $\text{CH}_3-\text{C}-\text{C}_6\text{H}_5$ ) نیز که در گزینیه ۳ عنوان شده است در مجاورت تیدروکسید سدیم، کلروفرم می دهد.

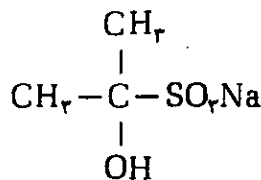
ب - مکانیسم اثر گاز کلر بر استن در مجاورت کاتالیزورهای بازی یا اسیدی چگونه است؟ آیا گاز کلر بر سایر ستنها هم اثر می کند یا فقط بر استن مؤثر است؟

پاسخ - مکانیسم اثر کلر بر ستنها (با آلدئیدها) در محیط بازی چنین است:



نکته قابل توجه آن است که چون با ورود هراتم کلر پیوندهای  $\text{C}-\text{H}$  قطبی تر می شوند بر سرعت واکنش کلرآسیون نیز افزوده می شود در صورتی کسه واکنش در محیط بازی انجام

ت - نامگذاری ترکیب زیر چگونه است زیرا در کتاب چهارم دونوع نامگذاری برای آن آمده است:



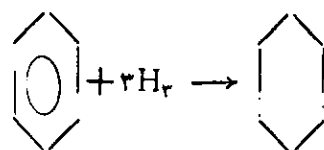
پاسخ - نام درست آن براساس قواعد نامگذاری آیوپاک ۲- تییدروکسی - ۲- پروپان سولفونات سدیم است که در کتاب شیمی دبیرستانی چاپهای اخیر نیز آمده است.

پرسش ۳- نقطه انجماد بنزن  $5^\circ\text{C}$  و نقطه ذوب متیل بنزن  $95^\circ\text{C}$  - است. علت پایین بودن نقطه انجماد متیل بنزن نسبت به بنزن در چیست؟

پاسخ - علت را می توان در ممانعت فضایی رادیکال متیل دانست. مولکولهای بنزن به علت مسطح بودن می توانند به خوبی به یکدیگر نزدیک شوند و می دانیم که با کاهش فاصله بین مولکولها، نیروی بین مولکولی به طور قابل توجهی افزایش می یابد. ولی وجود شاخه متیل و ممانعت فضایی تییدروژنها، مانع از این می شود که در تولوئن جامد، مولکولها بتوانند به خوبی فشرده شوند، از این نظر نیروی بین مولکولی در تولوئن در مقایسه بسا بنزن سست تر شده نقطه ذوب آن پایین تر است.

پرسش ۴- شرایط تییدروژناسیون بنزن با اتیلن چه تفاوتی دارد؟

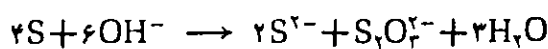
پاسخ - مخاوط بخار بنزن با تییدروژن در دمای  $200^\circ\text{C}$  و فشار ۱۵ اتمسفر با عبور از کاتالیزور پلاتین واکنش افزایشی دارد و سیکلوهگزان حاصل می شود:



تییدروژناسیون اتیلن با نیکل در حدود دمای  $200^\circ\text{C}$  و فشار یک جو انجام می گیرد و در مجاورت پلاتین حتی در دمای محلول نیز انجام پذیر است. مقایسه شرایط تییدروژناسیون اتیلن و بنزن به خوبی میزان پایداری مولکول بنزن را و تفاوت استحکام پیوند  $\pi$  غیر مستقر در بنزن را با پیوند  $\pi$  مستقر در اتیلن نشان می دهد.

پرسش ۳- برای تهیه تیوسولفات سدیم علاوه بر حرارت دادن محلول سولفیت سدیم با گوگرد روش دیگری نیز وجود دارد؟

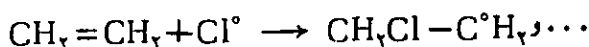
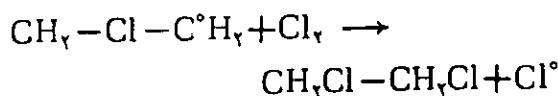
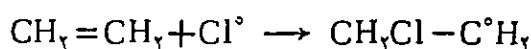
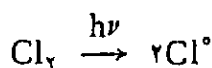
پاسخ - برای تهیه تیوسولفات سدیم می توان از حرارت دادن گوگرد با بازها استفاده کرد، فرمول واکنش را بر حسب اختلاف شرایط به دو صورت زیر می توان نوشت:



پرسش ۴- آیا واکنش افزایش کلر با اتیلن می تواند مکانیسم رادیکالی داشته باشد؟

پاسخ - در شرایط مناسب واکنش افزایشی کلر با اتیلن می تواند از طریق تشکیل رادیکال آزاد انجام گیرد.

در ۱۹۱۳، Stewart نشان داد که افزایش کلر بر اتیلن تحت اثر انرژی نوری مکانیسم زیر را دارد:



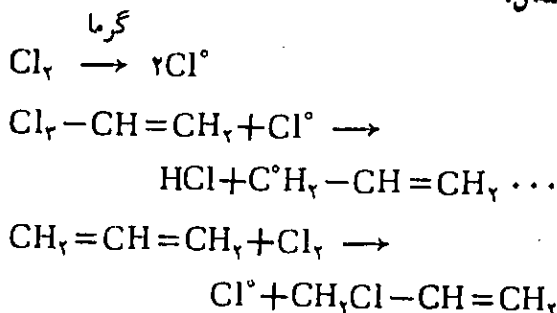
پرسش ۵- آیا آلکنها با هالوژنها واکنش جانشینی نیز دارند؟

آلکنها در شرایط مناسب می توانند با هالوژنها واکنش جانشینی نیز داشته باشند. هر گاه به الکنهای بدون شاخه در دمای بالا (در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد) کلر اثر داده شود به طور عمده محصول استخلافی در کربنی که در مجاورت کربن دارای پیوند  $\pi$  قرار دارد، انجام می گیرد که می توان جانشینی را از نوع آلیل Allyl Substitution نامید.

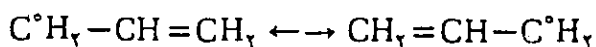
(مثلاً در زنجیر  $-\text{C}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-$  کربنی که واکنش جانشینی روی آن قرار می گیرد با علامت \* مشخص شده است).

شرایط واکنش نشان می دهد که این واکنش مکانیسم رادیکالی دارد.

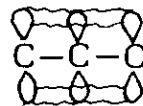
مثال:



تشکیل بیشتر رادیکال آلیل نسبت به رادیکالهای دیگری که امکان تشکیل آنها وجود دارد را می توان به پایداری بیشتر آن به علت پدیده رزونانس نسبت داد.



پدیده رزونانس را از دیدگاه اربیتال مولکولی چنین می توان توضیح داد که در رادیکال آلیل اربیتالهای پیوند  $\pi$  می توانند با اربیتال تک الکترونی رادیکال، همپوشانی جانبی کنند و پیوند  $\pi$  غیر مستقر تشکیل دهند.



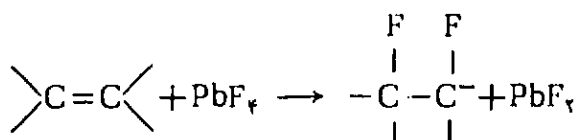
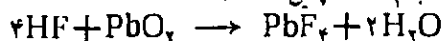
توجه دیگر این که انرژی پیوند  $\text{C}-\text{H}$  در گروه متیل کمتر از انرژی پیوند  $\text{C}-\text{H} =$  است، بنابراین امکان شکستن آن توسط رادیکال کلر، بیشتر است.

لازم به یادآوری است که انرژی پیوند  $\text{C}-\text{H}$  که در آن کربن، هیبریداسیون  $sp^2$  دارد برابر  $\frac{98}{67} \text{ Kcal/mol}$  و انرژی پیوند  $\text{C}-\text{H}$  که در آن کربن هیبریداسیون  $sp^3$  دارد برابر  $\frac{98}{69} \text{ Kcal/mol}$  و به همین ترتیب انرژی پیوند  $\text{C}-\text{H}$  با هیبریداسیون  $sp$  برابر  $\frac{102}{38}$  کیلوکالری بر مول است.

پوشش ۶- واکنشهای جانشینی فلئور با آلکنها در چه شرایطی عملی است؟

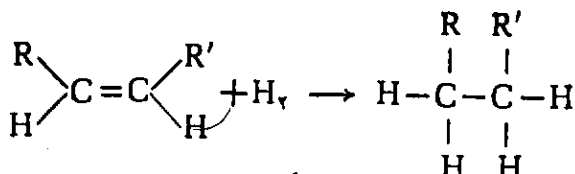
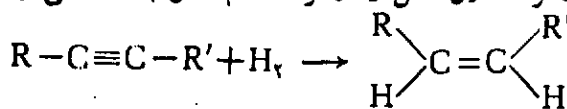
پاسخ - برای این عمل می توان از اثر فلئورید تیروژن بر آلکن در مجاورت دی اکسید سرب استفاده کرد.

واکنشهای انجام شده چنین است:



پوشش ۷- آیا واکنش مراحل تیروژناسیون تیروکربنهای استیلنی از نظر سرعت یکسان است؟

پاسخ - آلکنها در تیروژناسیون مجاورت کاتالیزورهای فلزی مانند پلانین و پالادیم در دو مرحله صورت می گیرد. در مرحله اول آلکن و در مرحله دوم آلکن به دست می آید.

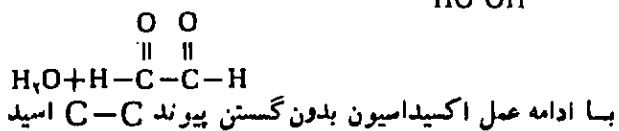
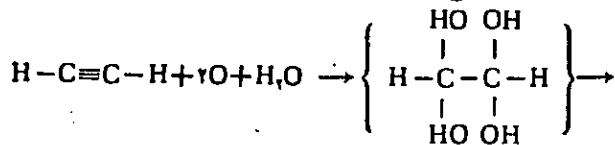


در مورد این دو واکنش دو نکته زیر جالب توجه است:

- ۱- واکنش مرحله اول نسبت به مرحله دوم سریعتر است.
- ۲- محصول واکنش مرحله اول به صورت ایزومر هندسی سیس است، به طوری که از این واکنش برای تهیه ترکیبهای سیس می توان استفاده کرد.

پوشش ۸- واکنش اکسیداسیون استیلن چگونه است؟

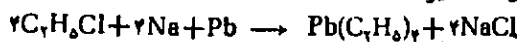
استیلن مانند اتیلن با محلولهای اکسیدکننده اکسید می شود و بر حسب شرایط عملی محصولات گوناگونی به ترتیب زیر به دست می آید:



اکسالیک  $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{H}$  حاصل می شود که آنهم با ادامه اکسیداسیون از مرحله نهایی به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تبدیل می شود.

پوشش ۹- طرز تهیه تترا اتیل سرب چگونه است؟

پاسخ - تترا اتیل سرب از حرارت دادن آلیاز «سدیم - سرب» با کلرید اتیل تحت فشار حاصل می شود؛ معادله واکنش به صورت زیر است:



صفحه ۸۰ جلد اول

1- Organic Chemistry. L. L. Finar

# آبکاری اصول

ترجمه و تلخیص از جعفر شیخ الاسلام  
مرکز تحقیقات معلمان اصفهان

آبکاری عبارت است از «پوشاندن لایه‌ای از یک فلز روی فلز دیگر یا روی یک شی غیر فلزی مانند شیشه، چینی و پلاستیک به منظور انعکاس نور، جلوگیری از زنگ زدن، ترمیم قسمتهای خراب شده، تزئین و یا تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی سطح اجسام». تمام آبکاری‌ها در محلولهای آبی انجام می‌شود. جسم آب دادنی به جای کاتد قرار می‌گیرد و محلول شامل یونهایی از فلزی است که باید جسم را پوشاند. معمولاً آنند نیز از همین فلز انتخاب می‌شود.

در عمل آبکاری هرچه از مقدار یون فلزی محلول کاسته شود، فلز آنند با حل شدن در محلول جای آن را می‌گیرد اما این موضوع همیشه صادق نیست و مشکلی را برای آبکاران به وجود می‌آورد. در برخی حالات فلز آنند، در محلولی با سرعت بیشتر از فلزی که از محلول جدا و در کاتد آزاد می‌شود. حل می‌شود و در مواردی نیز خلاف آن دیده می‌شود.

در آبکاری با کروم، آنند به خلاف انتظار از جنس سرب یا آهن است و به تدریج که یونهای کروم در محلول کاهش می‌یابد با افزودن محلول محتوی یونهای کروم به ظرف آبکاری این نقصان جبران می‌گردد.

تمام آبکاریها با جریان مستقیم و ولتاژ کم ۶ تا ۱۲ ولت انجام می‌گیرند به طوری که جریان ۶ ولت غالباً کفایت می‌کند. در مورد آب کروم جریان ۱۲ ولت به کار می‌رود. نانکهای آبکاری به طور موازی بسته می‌شود تا اگر یکی از آنها از مدار خارج شد در کار بقیه اختلاف حاصل نگردد.

دانسیته جریان که بر حسب آمپر بر دسیمتر مربع مشخص می‌شود دارای اهمیت زیادی است چون صاف و متراکم بودن لایه آبکاری به میزان آن بستگی دارد، به همین سبب هر دستگاه اضافه بردنوستا، باید به آمپر سنج و ولت سنج نیز مجهز باشد. چنانکه نانکهای آبکاری از چوب ساخته شود باید بد وسیله قیر یا ورقه‌های سربی و یا لاستیکی آستر گردد. نانکهای فولادی برای پاک‌کننده‌ها و محلولهای آبکاری که خاصیت قلیایی دارند ظرفهای مناسبی است. پاک‌کننده‌های قلیایی که برای برطرف کردن لایه چربی از روی اجسام به کار می‌رود، شامل ۲ یا بیشتر از مواد زیر است: کربنات سدیم، تیئیدروکسید سدیم، تری فسفات سدیم، سیلیکات سدیم و براکس. یک محلول قلیایی ۱۵ درصد دارای قدرت پاک‌کنندگی رضایتبخشی است. این محلولها باید به طور گرم به کار برده شود. ضمناً از حلالهای آلی مانند بنزین، بنزن، تتراکلرید کربن و تری یا تتراکلرو اتیلن نیز استفاده می‌شود. در دماهای بالا اغلب چربیها در تیئیدروکربنها از قبیل نفت هم حل می‌شود.

افزودن عاملهای ترکننده (دترجنتها) زدودن چربیها را از سطح فلز آسان می‌کنند. عاملهای ترکننده با پایین آوردن کشش سطحی، گسترش سریع آب را روی سطوح چرب امکان پذیر می‌سازد. امولسیوننی که به دست می‌آید به آسانی پس از یک شستشو بر طرف می‌شود. یکی از فواید زدودن چربی با ایجاد امولسیون آن است که ذرات جامد را مؤثرتر از حلالهای آلی جدا می‌سازد.

اسید سولفوریک و اسید کلریدریک حلالهای مناسبی برای زدودن قشر اکسید از سطح آهن و فولاد می‌باشند. برای این منظور معمولاً از یک محلول ده درصد (وزنی) اسید سولفوریک یک گرم استفاده می‌کنند. گاه محلول اسید فلوئوریدریک نیز برای برطرف کردن ذرات احتمالی شن از سطح فلز به کار می‌رود.

برای برطرف کردن قشر خارجی و ناخالص از روی اشیاء



آبکاری با محلول سیانید مس - در این روش، آبکاری مستقیماً روی آهن، فولاد و روی انجام می‌شود. به سبب ایجاد یون کمپلکس، غلظت یونهای مس به قدر کافی کاهش می‌یابد دیگر با عمل فروبری و واکنش جانشینی، مس آزاد نمی‌شود بلکه تنها به طریق الکترولیتی یک لایه مس کاملاً چسبنده به وجود می‌آید.

محلول زیر سالها در آبکاری مورد استفاده قرار گرفته است:

ترکیب	گرم در لیتر
CuCN سیانید مس (I)	۳۲/۵
NaCN سیانید سدیم	۳۰
Na <sub>۲</sub> CO <sub>۳</sub> کربنات سدیم	۱۰

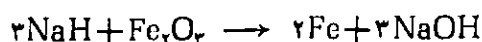
دما: ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان ۰/۳ تا ۰/۵ آمپر بر دسیمترمربع

در سال ۱۹۳۰ آبکاری با محلول سیانید مس همراه با نمک راشل (تارترات سدیم و پتاسیم) ابداع شد. این روش، روشی مطلوب است که پوششی متراکم، درخشان و نرم از مس به وجود می‌آورد و به‌طور وسیع برای ایجاد زیر لایه (Strike) قبل از آبکاری با سولفات مس اسیدی به کار گرفته می‌شود.

ترکیب	گرم در لیتر
CuCN سیانید مس (I)	۲۶
NaCN سیانید سدیم	۳۵
Na <sub>۲</sub> CO <sub>۳</sub> کربنات سدیم نمک راشل (تارترات سدیم و پتاسیم)	۳۰
KNaC <sub>۴</sub> H <sub>۴</sub> O <sub>۶</sub> · ۴H <sub>۲</sub> O NaOH تیتروکسید سدیم تا رسیدن به pH = ۱۲/۶	۴۵

دما: ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان ۲ تا ۶ آمپر بر دسیمترمربع

قالب‌گیری شده، ممکن است اقدام به پاشیدن شن به کمک هوای فشرده بر روی آنها نمود. چون در این عمل امکان نفوذ شن در سطح فلز وجود دارد استفاده از محلول اسید فلئوئوریدریک لازم است. یک روش شیمیایی برای زدودن اکسیدها، حل تیترید سدیم در سود مذاب و فرو بردن جسم در آن است. عمل در یک تانک چدنی و در دمای ۳۶۰ تا ۳۸۲ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد. معمولاً غلظت تیترید سدیم در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد است. طبق واکنشهای زیر اکسیدها به فلز کاهیده می‌شوند:



این روش در مورد فلزهایی به کار می‌رود که سود مذاب و دمای تانک برای آنها زیان‌آور نباشد.

اجسام قبل از آبکاری باید به خوبی پرداخت و صیقلی شوند تا پس از آبکاری جلوه مطلوب را به دست آورند.

بدین منظور از پلش بره‌های روغنی استفاده می‌شود البته مواد روغنی بعد از عمل باید زدوده شوند.

یک آبکاری خوب به عوامل مختلف؛ از جمله کیفیت سطح جسم آب دانی، نوع و نسبت مواد در محلول و دمای عمل و دانسیته جریان بستگی دارد. هر چه پوشش فلزی از بلورهای ظریفتر به وجود آید و جایگزینی مناسب داشته باشد جلای بهتری ارائه می‌دهند. بهم زدن حمام آبکاری و افزایش دما تشکیل بلورهای درشت را موجب می‌شود، از عوامل مؤثر در تشکیل بلورهای کوچک، دانسیته جریان بالا، غلظت پایین یون فلزی و افزودن صمغ و برخی مواد آلی است. پایین نگهداشتن غلظت یون فلزی با استفاده از ایجاد یون مشترک (سولفات مس و اسید سولفوریک - سولفات نیکل و سولفات آمونیم) و یا استفاده از ترکیبهایی با ضریب تفکیک یونی کم امکان‌پذیر است و انتخاب سیانید فلزها و تشکیل یون کمپلکس این نقطه نظر را تأمین می‌کنند.

آبکاری با مس - بیشترین سهم آبکاری در یک یا هر دو نمونه از محلولهای زیر انجام می‌شود:

۱- محلول سیانید مس (محلول قلیایی).

۲- محلول سولفات مس (II) (محلول اسیدی).

آبکاری با کروم - دو منظور متفاوت در آبکاری با کروم  
دنبال می شود:

اول - برای آن که اجسام نمایی درخشان پیدا کنند. که در  
این صورت ضخامت آبکاری از  $\frac{3}{100000}$  اینچ کمتر است.  
قبلاً نیز باید سطح اشیاء آهنی یا فولادی به ترتیب آب مس و  
آب نیکل داده شود.

دوم - به منظور کاهش اصطکاک و ایجاد مقاومت در برابر  
گرمای، سائیدگی و زنگ زدن. این طریق را آبکاری سخت  
گویند و می توان مستقیماً روی آهن و فولاد انجام داد. ضخامت  
لایه در این روش بیش از  $\frac{1}{1000}$  اینچ است.

ترکیب	گرم در لیتر
برای { اسید کرومیک (CrO <sub>2</sub> ) یون سولفات (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	۴۰۰ ۴
برای { اسید کرومیک (CrO <sub>2</sub> ) یون سولفات (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	۲۵۰ ۲/۵

دما: ۴۰ تا ۵۵ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان

۱۰ تا ۲۵ آمپر بر دسیتمربع

یون سولفات که به عنوان کاتالیزور به کار می رود با مصرف  
اسید سولفوریک تأمین می شود. نسبت اسید کرومیک به یون  
سولفات معمولاً ۱۰۰ به ۱ است. حمام آبکاری از فولاد با  
پوششی از سرب ساخته می شود. آند نیز همان گونه که قبلاً  
اشاره شد، سری است ولی چنانچه با مقداری آنتیموان همراه  
باشد از مزیت بیشتر برخوردار است.

آبکاری با نقره - مستقیماً روی فولاد به ندرت آبکاری بانقره  
انجام می گیرد و لازم است قبلاً آب مس. نیکل و یا قلع داده  
شود. چنانچه با فروردن جسمی در یک محلول آبکاری امکان  
واکنش حائشینی وجود داشته باشد همان طور که اشاره شد  
پیش از آبکاری نهایی باید آن را در یک محلول به نام محلول  
Strike که غلظت یون فلزی آن پایین است آبکاری نمود.  
برای آن که بتوان مستقیماً روی برنج، مس و نیکل و بریتانیا

محلول اسیدی مس - حمام اسیدی مس یکی از ساده ترین  
دستگاههای آبکاری است. در این حمام نمی توان مستقیماً روی  
آهن. فولاد و روی آبکاری نمود چون به علت غلظت زیاد  
یون مس مقداری آهن و روی در محلول وارد می شود و بدون  
عبور جریان برق لایه نازکی از مس روی فلز پدید می آید.  
اما این قشر نازک به عنوان زیر لایه، مناسب نیست. لذا جسم  
را باید قبلاً در حمام سیانید مس وارد کنند سپس برای ادامه  
آبکاری آن را شسته در حمام اسیدی مس قرار دهند.

ترکیب	گرم در لیتر
CuSO <sub>4</sub> · ۵H <sub>2</sub> O سولفات مس متبلور	۱۵۰ تا ۲۴۰
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> اسید سولفوریک	۲۵ تا ۱۰۰

برای ایجاد لایه سخت، دما باید زیر ۲۵ درجه سانتیگراد  
و دانسیته جریان ۶ تا ۱۶ آمپر بر دسیتمربع باشد و برای  
ایجاد لایه نرم دما باید به ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد  
و دانسیته جریان ۳ آمپر بر دسیتمربع باشد و غلظت اسید  
نیز مقادیر پایین از حدود تعیین شده باشد. همچنین برخی مواد  
اضافی مانند چسب، صمغ، ملاس و دکستروز... برای نتیجه  
مطلوبتر افزوده می گردد.

آبکاری با نیکل - آبکاری با نیکل از اهمیت خاصی در  
صنایع آبکاری برخوردار است چون این فلز هم به عنوان  
پوشش نهایی و هم زیر لایه برای کروم و چند فلز دیگر به کار  
می رود.

ترکیب	گرم در لیتر
NiSO <sub>4</sub> · ۷H <sub>2</sub> O سولفات نیکل متبلور	۲۴۰
NiCl <sub>2</sub> · ۶H <sub>2</sub> O کلرید نیکل متبلور	۲۵
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> اسید بوریک	

دما: ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان ۲ تا ۵

آمپر بر دسیتمربع

pH محلول باید بین ۱/۵ و ۳ یا ۴/۵ و ۵/۶ باشد.

محلول آبکاری با طلا:

ترکیب	گرم در لیتر
Au فلز طلا (به صورت سیانید)	۲/۱
KCN سیانید پتاسیم	۱۵
Na <sub>۲</sub> HPO <sub>۴</sub> · ۱۲H <sub>۲</sub> O فسفات نیدروژن دی سدیم متبلور	۴

دما: ۶۰ تا ۸۲ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان

۱ تا ۱۵ آمپر بردسیمتر مربع

برای مطلا کردن اشیاء با فرو بردن آنها در محلول زیر بدون استفاده از جریان برق می توان نتیجه گرفت. عمل تنها روی مس و برنج رضایتبخش است.

ترکیب	گرم در لیتر
Au طلا (به صورت سیانید)	۲/۱
KCN سیانید پتاسیم	۳۰
Na <sub>۲</sub> CO <sub>۳</sub> کربنات سدیم	۴۵

دما: ۸۰ درجه سانتیگراد. محلول قبل از استفاده باید

چند ساعت در يك ظرف لعابی جوشانده شود.

آبکاری روی سطوح نارسانا - به منظور آبکاری روی اشیایی از قبیل شیشه، چینی، پلاستیک، چرم و چوب قبلاً خلل و فرج موجود را با مواد مناسب پر و سپس سطوح لازم برای آبکاری را رسانا می کنند. جهت این منظور از پودر گرافیت یا پودرهای فلزی استفاده می نمایند آنگاه جسم آب دادنی را به وسیله سیمهایی در حمام آبکاری می آویزند.

مرجع:

Encyclopedia Americana

(آبکاری Cu. Sb. Sn) آب نقره داد ابتدا از محلول زیر که غلظت یون نقره در آن پایین است استفاده می شود.

ترکیب	گرم در لیتر
AgCN سیانید نقره	۶/۵
KCN سیانید پتاسیم	۶۸

دما: دمای اتاق. دانسیته جریان ۲/۵

آمپر بردسیمتر مربع

و سپس از محلول زیر برای آبکاری نهایی استفاده می شود.

ترکیب	گرم در لیتر
AgCN سیانید نقره	۳۶
KCN سیانید پتاسیم	۶۰
K <sub>۲</sub> CO <sub>۳</sub> کربنات پتاسیم	۲۵
CS <sub>۲</sub> دی سولفید کربن	۰/۰۱

دما: ۲۷ درجه سانتیگراد. دانسیته جریان

۰/۵ تا ۱/۵ آمپر بردسیمتر مربع

آبکاری با طلا - آبکاری با طلا در مقاصد تزئینی. ایجاد مقاومت در برابر زنگ زدن، تهیه زیورآلات، سرفلم، وسایل سرویس میز و آلات موسیقی و برخی ائانه خاص آزمایشگاهی است.

آبکاری روی مس، نقره، نیکل و برنج به طور رضایتبخش انجام می شود اما روی فولاد باید قبلاً در زیر لایه ای از فلزات پاد شده نشانده شود. آند ممکن است از طلای نسبتاً خالص و یا پلاتین، زغال، نیکروم و فولاد زنگ نزن (آندهای غیر محلول) انتخاب گردد. به کار بردن آند طلا بر حسب افزایش غلظت یون طلا در محلول می شود. برای آن که غلظت تا حدودی ثابت بماند؛ باید آند طلا و آند غیر محلول توأم به کار رود. و یا به تناوب تعویض شود. آبکاری با طلا در حمام سیانید انجام می شود هر چند با محلول فولمینات طلا هم رضایتبخش است ولی جامد آن منفجر شونده است.

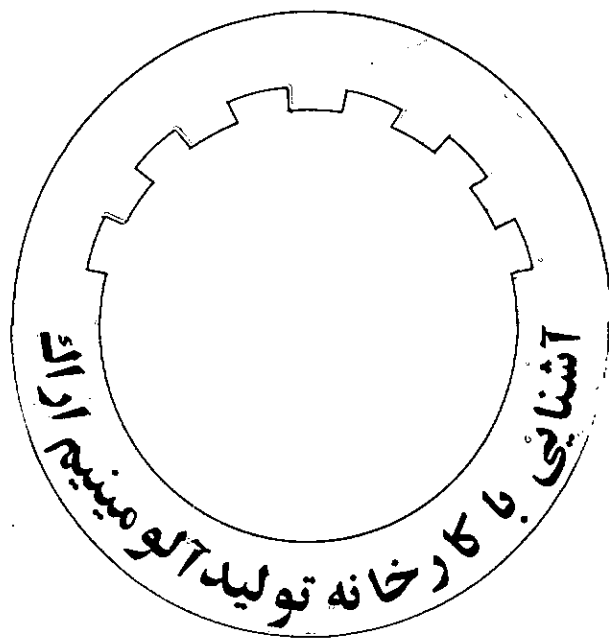
## تاریخچه تأسیس کارخانه تولید آلومینیم ایران:

موضوع تأسیس این کارخانه در سال ۱۳۴۶ به تصویب هیأت دولت رسید و اقدامات مربوط به تأسیسات و ساختمان کارخانه از سال ۱۳۴۸ (۵ ش) شروع شد و عملیات بهره‌برداری از آن در تاریخ بیست و سوم اردیبهشت ماه سال ۱۳۵۱ آغاز شد.

این کارخانه در استان مرکزی و در شمال شرقی شهرستان اراک در کیلومتر ۶ جاده اراک - تهران واقع شده است و مساحت تقریبی آن ۳۲۴ هکتار است.

ظرفیت فعلی این کارخانه ۴۵۰۰۰ تن در سال است که قابل توسعه به ۱۲۰،۰۰۰ تن در سال است. تعداد پرسنل این کارخانه در سال ۱۳۵۱ (آغاز بهره‌برداری) شامل ۱۷۶ نفر کارمند و ۵۵۷ نفر کارگر بوده است و این تعداد در اوایل سال ۱۳۶۳ به ۴۴۳ نفر کارمند و ۱۵۷۴ نفر کارگر افزایش یافته است.

تا پیش از انقلاب شکوهمند اسلامی ۷۵٪ سهام اولیه کارخانه متعلق به ایران و ۲۵ درصد متعلق به شرکت رینولدز (آمریکایی) و ۵ درصد متعلق به دولت پاکستان بوده است که بعد از انقلاب ۵۰ درصد این سهام متعلق به جمهوری اسلامی ایران شد. قابل ذکر است که تکنولوژی فروخته شده به ایران از طرف شرکت رینولدز مربوط به زمان جنگ جهانی دوم بوده است، حال آن که در همان زمان می‌توانست تکنولوژی پیشرفته‌تری انتخاب شود که هم از نظر اقتصادی و هم از نظر شرایط کاری سودمندتر واقع شود. سنگ معدن بوکسیت، ماده اولیه تولید



تهیه و تنظیم از: عباس زینلی  
معلم شیمی دبیرستانهای تفرش

ارزش و مقام آلومینیم و آلیاژهای آن از نظر مقدار تولید و مصرف در صنایع گوناگون به خاطر خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی منحصر به فردش بر کسی پوشیده نیست.

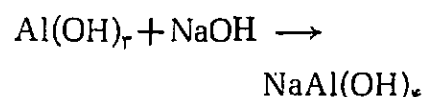
در اینجا به منظور آشنایی با این صنعت و آشنایی با کارخانه تولید آلومینیم اراک، مراحل مختلف تولید از آغاز تا به دست آمدن محصول، به طور خلاصه تشریح می‌شود.

آلومینیم، مرکب از آلومینیم، آهن، سیلیسیم، تیتان و مقدار کمی عناصر دیگر می باشد. ظرفیت و درصد ترکیبهای سنگ بوکسیت بر حسب نوع معدن متغیر است. وجود کانی های آهن در بوکسیت، عامل به وجود آوردن رنگ قهوه ای یا قرمز در بوکسیت می باشد. کیفیت بوکسیت (علاوه بر مقدار آلومینیم) بستگی به مقدار سیلیسیم موجود در آن دارد. چنانچه سیلیسیم بیش از حد معینی باشد، بوکسیت، تجاری نیست زیرا در هنگام تصفیه بوکسیت، سیلیسیم با مقداری آلومینیم و سدیم ترکیبی ایجاد می کند و باعث از دست رفتن مقداری آلومینیم و سدیم می شود.

اکنون نحوه تبدیل بوکسیت به اکسید آلومینیم تشریح می گردد:

۱- بوکسیت را در آسیایی خرد نموده و با محلول NaOH مخلوط می نمایند.

۲- پودر بوکسیت را در دستگاه اتوکلاو با NaOH غلیظ مخلوط می کنند و در فشار ۳۰ اتمسفر تا دمای ۲۵۰°C گرما می دهند تا به صورت زیر عمل کند:



واکنش در اتوکلاو، چندین ساعت به طول می انجامد. سپس موادی را که در NaOH حل نشده اند و ته نشین شده اند از محلول جدا می کنند.

۳- محلول آلومینات را از صافی می گذرانند و در مخازن بزرگ وارد و تحت فشار هوا مخلوط می کنند. در حال مخلوط شدن، با نزول درجه حرارت، آلومینیم به صورت هیدروکسید  $Al(OH)_3$  در ۹۰°C شروع به ته نشین شدن می نماید. عمل ته نشین را می توان بوسیله تزریق هیدروکسید آلومینیم (به عنوان جوانه) تشدید نمود.

۴- رسوب هیدروکسید آلومینیم را تحت فشار تخلیه و به وسیله فیلتر از محلول جدا می نمایند. این محلول را که ممکن است بیش از ۴۰ درصد اکسید آلومینیم همراه داشته باشد گرما می دهند و با بوکسیت مخلوط می نمایند و جریان را دوباره تکرار می کنند تا از این راه از به هدر رفتن اکسید آلومینیم جلوگیری شود.

۵- هیدروکسید آلومینیم به دست آمده علاوه بر این که می باید رطوبت خود را از دست بدهد، باید آب مولکولی ساختمانی خود را نیز از دست دهد و تبدیل به اکسید آلومینیم شود. این عمل در کوره های استوانه ای شکل به طول ۱۰۰ متر و قطر ۴ متر در دمای ۱۳۰۰°C انجام می گردد و بدین ترتیب هیدروکسید آلومینیم تبدیل به پودر سفید رنگ اکسید آلومینیم می شود.

### کارگاه احیاء:

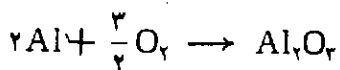
در این کارگاه که یکی از قسمت های اصلی کارخانه است با احیای اکسید آلومینیم، فلز آلومینیم تولید می گردد. ظرفیت تولیدی کارگاه احیاء سالانه ۴۲ تا ۴۵ هزار تن می باشد و عمل تولید به طور شبانه روزی ادامه دارد و دارای دو خط تولید و ۲۸۰ عدد دیگ احیاء (Reduction Cell) می باشد.

از نظر تکنولوژی، سیستم موجود از نوع Prebaked می باشد و نحوه قرار گرفتن دیگها نیز پهلو به پهلو (side by side) است. آمپراسمی خط تولید ۷۲ کیلو آمپر و تولید متوسط روزانه هر دیگ حدود ۴۵۰ کیلو گرم آلومینیم می باشد. تعداد پرسنل کارگاه ۵۰۰ نفر است.

عواملی که در تولید آلومینیم نقش دارند عبارتند از: مواد اولیه، انرژی الکتریکی، الکترودها، سلولهای احیاء و

روش تولید (تکنولوژی).

میل ترکیبی Al با اکسیژن بسیار زیاد است و در ۲۵°C و فشار يك اتمسفر مطابق واکنش زیر تبدیل به  $Al_2O_3$  می شود:



با وجود میل ترکیبی شدید آلومینیم با اکسیژن، آلومینیم و آلیاژهای آن چنانچه آب وجود نداشته باشد، در مجاورت اکسیژن در مقابل خوردگی به طور نامحدود پایدارند به طوری که می توان آلومینیم را در دمای ۵۰۰°C ساعات متمادی در مجاورت هوا گرما داد بدون آن که لایه سوخته ای روی آن ملاحظه شود. علت این است که در مجاورت هوا و دمای معمولی روی آلومینیم يك ورقه اکسید به ضخامت ۰/۰۰۵ الی ۰/۰۲ میلیمتر ایجاد می شود که از اکسیداسیون بیشتر آن جلوگیری می کند که این عمل در صنعت حائز اهمیت فراوانی می باشد.

آلومینیم و آلیاژهای آن به دلیل دمای ذوب کم و بر خورداری از سیالیت نسبتاً خوب و همچنین گسترش خواص مکانیکی و فیزیکی در اثر آلیاژ سازی و عملیات پدیده های عملیات حرارتی و عملیات مکانیکی و جایگزینی روزافزون آن به جای قطعات سنگین فولادی و فلزات سنگین دیگر، امروز از اهمیت زیادی در صنعت برخوردار است و روز به روز مصارف این فلز توسعه می یابد.

چون آلومینیم و آلیاژهای آن از سبکی خاصی برخوردارند و چگالی (جرم حجمی) آن حدود  $\frac{1}{3}$  چگالی مس و آهن است و از نظر قابلیت هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی در بین فلزات بعد از مس قرار دارد، پایه های مس حتی بیشتر از آن در

آنها را طی مراحل خاصی تا دمای ۱۲۰۰-۱۱۰۰°C پخت می کنند تا بدین وسیله گازها و مواد فرار آن خارج گردند و به بلوکهای گرافیتی مورد نظر تبدیل شود.

### کارگاه میله گذاری:

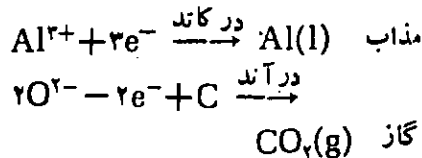
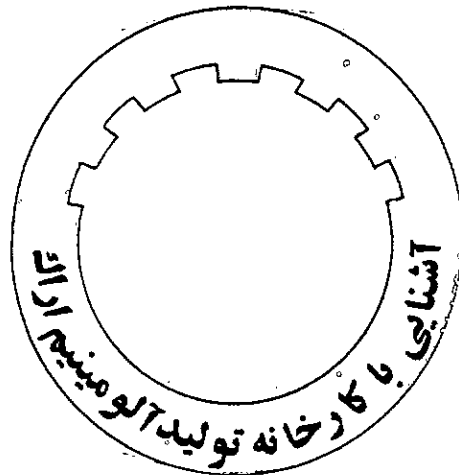
پس از پایان مرحله پخت، آندها را توسط نقاله های غلطکی از قسمت پخت آند به کارگاه میله گذاری (Rodding Room) انتقال می دهند تا میله را به آند اتصال دهند. چون میله مستقیماً به آند قابل اتصال نیست، ابتدا قطعه استوانه ای شکل فولادی به نام Stub را در حفرة آند قرار می دهند و جهت محکم شدن آن در حفرة، دور استاب را چدن مذاب می ریزند (حدود ۲/۵ کیلو گرم). سپس میله مسی را به وسیله پیچ و مهره به استاب متصل می کنند.

### کارگاه ریخت:

ظرفیت اسمی این کارگاه ۱۲۰۰۰۰ تن در سال می باشد. ظرفیت تولیدی آن در سال ۱۳۶۲ برابر ۷۲۰۰۰ تن بوده است. از این مقدار حدود ۴۲۰۰۰ تن مربوط به تولید کارگاه احیاء و بقیه به صورت آلومینیم خالص از خارج خریداری گردیده است.

فلز مذابی که از کارگاه احیاء به این کارگاه آورده می شود همراه با قراضه های آلومینیم (Scrap) و شمشهای وارداتی به کوره ریخته می شود تا کوره کاملاً پر گردد.

پس از ارسال نمونه ای از مذاب به آزمایشگاه و گرفتن جواب آنالیز نمونه، محاسبات لازم جهت ساخت آلیاژ مورد نظر



آنچه که در تولید حائز اهمیت است کار کردن با راندمان آمبری بالا است که خود تابع مواد اولیه مصرفی، تکنولوژی مربوط، تجربه و تخصص لازم، بهره برداری صحیح و مراقبت و نگاهداری سیستم می باشد.

### کارگاه آند سازی:

در این کارگاه آندهای مورد نیاز سلولهای الکترولیز کارگاه احیاء و مواد مخصوص (MIX) جهت آسترکاری دیگها تهیه می گردد. ظرفیت تولید سالانه آن ۲۸۰۰۰۰ عدد آند است و دارای ۹۸ نفر پرسنل می باشد. مواد اولیه مصرفی در این کارگاه عبارتند از: پترولیوم کک، قیر H. S. P، قیر L. S. P، آنتراسیت و فاندری کک.

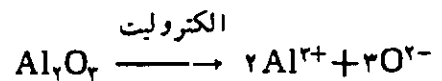
### پخت آند:

قبل از استفاده از آندها در کارگاه احیاء

صنایع برقی از آلومینیم استفاده می شود به همین دلیل بهترین فلز برای ساختن تبدل های حرارتی می باشد زیرا فرم دادن و اتصال آن بسیار ساده است.

آلومینیم به علت جلای خاص و نمای ظاهر آن در مناسب ساختن، تلسکوپها، وسائل حمل و نقل و تهیه آینه های معمولی استفاده شایانی دارد. از آنجایی که از آلیاژ کردن آلومینیم با سایر فلزها و انتخاب عملیات حرارتی و کار مکانیکی مشخص می توان آلیاژهای متعددی با مقاومتهای بسیار بالا نسبت به وزن آلیاژ حاصل نمود، مصارف عمده ای در صنایع نظامی از جمله هواپیما سازی، هلیکوپتر سازی، شناورهای دریایی، وسائل حمل و نقل به خصوص اجزاء موتور و سایر وسائل و ماشین آلات مکانیکی دارد.

روش تولید فلز آلومینیم به روش الکترولیز و از تجزیه الکترولیتیکی اکسید آلومینیم در الکترولیت مذاب (در دمای ۹۵۰°C) تولید می شود. واکنش اولیه و اصلی در دیگ به صورت زیر انجام می گیرد:



انجام می‌گیرد و مقدار مواد سخت‌کننده لازم تعیین می‌شوند، پس از اضافه کردن مواد لازم به کوره، مذاب را با پارو به هم می‌زنند تا مواد آلیاژی و سخت‌کننده (Hardner) کاملاً ذوب و به‌طور یکنواخت داخل مذاب گردند. پس از اضافه شدن مواد آلیاژی و به هم خوردن فلز کوره، نمونه‌هایی از مذاب برای صحت عمل آلیاژ سازی به آزمایشگاه فرستاده می‌شود چنانچه جواب نمونه طبق آلیاژ مورد نظر نباشد مجدداً عمل آلیاژ سازی تکرار شده تا کوره به اصطلاح روی‌گری (Grade) بیاید.

### بخش شیمی آزمایشگاه:

آزمایشهایی که در این بخش انجام می‌شود مانند بخش فیزیک به دو دسته روزمره و غیر روزمره تقسیم می‌گردند: آزمایشهای روزمره بخش شیمی عبارتند از:

۱- آزمایشهایی که مربوط به نمونه‌های ارسالی از کارگاه احیاء می‌باشد شامل تعیین درصد کلسیم فلوراید ( $\text{CaF}_2$ ) موجود در الکترولیت دیگهای احیاء و همچنین اندازه‌گیری نسبت

$3\text{NaF}/\text{AlF}_3$  قطعه که به طریقه رنگ-سنجی و نیز pH متری انجام می‌گیرد. علاوه بر این جهت اندازه‌گیری مقدار درصد آلومینای موجود در قطعه نمونه‌های ارسالی مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

۲- نمونه‌های قیر، پترولیوم‌کلک، آند خام، آند پخت شده و قطعاتی که از کارگاه آند سازی جهت تعیین نقطه ذوب، چگالی (جرم حجمی)، مقدار خاکستر، عناصر ناخالص آهن و سیلیس، کربن ثابت (FIX.C) و گوگرد ارسالی می‌گردد مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

۳- جهت تعیین درصد کربن و گوگرد موجود در چدن، نمونه‌هایی از کارگاه میله‌گذاری به آزمایشگاه ارسال می‌گردد.

۴- جهت تعیین سختی آب و pH آن، نمونه‌هایی از آب تأسیسات به آزمایشگاه ارسال می‌گردد.

آزمایشهای غیر روزمره بخش شیمی، شامل آزمایش کلیه مواد اولیه خریداری شده و نیز نمونه‌های ارسالی از جانب فروشندگان مواد جهت تعیین درجه خلوص و بررسی مرغوبیت آنها می‌باشد.

### نگهداری و تعمیرات:

این قسمت مسئول نگهداری و تعمیرات کلیه دستگاههای موجود در کارخانه می‌باشد و از قسمتهای اصلی برق، مکانیک، برنامه‌ریزی، پیشگیری، ابزار دقیق و ... تشکیل شده است.

کلیه امور مربوط به کارگاهها بر حسب نیاز به یکی از قسمتهای فوق‌الذکر ارجاع می‌شود و پس از بررسی اقدامهای لازم به عمل می‌آید.

### تأسیسات:

تأسیسات کارخانه شامل قسمتهای آبرسانی، سوخت رسانی، گاز رسانی و سیستم‌های فشرده می‌باشد. در مورد آبرسانی، عملیات مربوط به تهیه آب آشامیدنی، آب صنعتی، تصفیه آب، گرفتن سختی آن و تأمین آب برای موارد آتش‌نشانی توسط این واحد انجام می‌گیرد.

### مرکز پژوهش و خدمات مهندسی:

مرکز پژوهش و خدمات مهندسی آلومینیم

ایران در اواخر مهرماه سال ۱۳۶۱ تأسیس شده و مجموعاً دارای ۲۵ نفر پرسنل است. متخصصین این مرکز در رشته‌های مختلف: برق، فیزیک، مکانیک، شیمی، متالورژی، صنایع و غیره فعالیت می‌نمایند.

هدف از تأسیس چنین مجموعه‌ای به‌خاطر دلایل متعددی بود که به ذکر خلاصه‌ای از آنها می‌پردازیم:

صنعت آلومینیم و تکنولوژی آن بسیار پیچیده است و مسائل خاص خود را دارا است و در طی یک قرن که از به کارگیری روش هال - ارو برای احیاء آلومینا می‌گذرد، این صنعت تحولات بزرگ و چشمگیری را پشت سر گذاشته است و مصرف انرژی برای تهیه هر کیلوگرم آلومینیم از حدود ۴۵ کیلووات ساعت به حدود ۱۳ کیلو وات ساعت رسیده است. بر اساس چنین طرحی مرکز پژوهش بشمل بر چهار رکن گردید که عبارتند از:

مهندسی، تحقیقات تکنولوژی، تحقیقات مواد و آموزش.

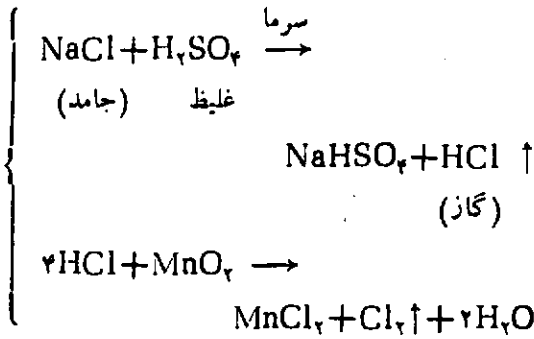
خطوط اصلی پیگیری شده در این مرکز و فعالیت‌های مستمری که همچنان ادامه دارد در زمینه‌های زیر می‌باشد:

- ۱- تغییر تکنولوژی احیاء و خط تولید،
- ۲- مطالعه و بررسی جهت انتخاب تکنولوژی طرح توسعه،
- ۳- زمینه‌سازی و شروع تحقیقات بر روی آلیاژهای آلومینیم،
- ۴- بررسی بر روی مواد اولیه مورد مصرف در خط تولید،
- ۵- تغییر عوامل و ترکیبهای شیمیایی دیگهای احیاء.

منبع:

کتابچه راهنمای شرکت سهامی آلومینیم ایران - وزارت معادن و فلزات.

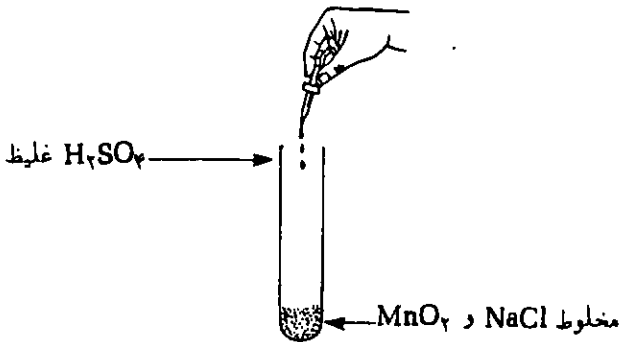
هالوژن به دست آید، مثلاً برای تهیه کلر اعمال انجام شده طبق واکنشهای زیر است:



در عمل هالید و اسید سولفوریک و اکسیدکننده را در لوله آزمایش می‌ریزند تا هالوژن مورد نظر به دست آید.

### طرز تهیه کلر (Cl<sub>2</sub>)

روش کار: در لوله آزمایش تمیز و خشک مقدار کمی نمک طعام (NaCl) جامد بریزید (حدود ۵/۵ گرم) و در همین حدود به آن دی اکسید منگنز (MnO<sub>2</sub>) اضافه کنید. لوله را تکان دهید تا مواد جامد خوب مخلوط شوند. به کمک میله شیشه‌ای توخالی نازک، با احتیاط چند قطره اسید سولفوریک غلیظ به روی مخلوط اضافه کنید. مطابق شکل بنده مشاهده دقیق



علمی بپردازید. به این پرسشها پاسخ دهید:

- ۱- چرا لوله آزمایش باید خشک باشد.
- ۲- چرا از اسید سولفوریک غلیظ باید استفاده کرد.
- ۳- علت جوشیدن مخلوط پس از ریختن اسید چیست؟
- ۴- آیا گرمای محسوسی ظاهر می‌شود؟
- ۵- آیا رنگ و بوی گاز کلر محسوس است؟
- ۶- با توجه به مفهوم تهیه هالوژن‌ها مراحل انجام واکنش را به تفکیک بنویسید و جمع کنید تا فرمول کلی تهیه هالوژن به دست آید.

تنظیم از: لطیفی

وسایل لازم: لوله آزمایش، گیره لوله، چراغ گاز یا چراغ الکلی - جالوله‌ای.

مواد لازم: نمک طعام (NaCl)، برمید سدیم یا پتاسیم (KBr، NaBr) یدید پتاسیم (KI) و اسید سولفوریک غلیظ رعایت نکات زیر لازم است:

- ۱- قبل از انجام هر آزمایش دستورکار را به دقت بخوانید.
- ۲- از بوییدن مستقیم گازهای سمی هالوژن اجتناب کنید.
- ۳- مواد لازم برای تهیه هالوژن‌ها را حداقل لازم به کار ببرد.

۴- در صورت بوییدن گاز و احساس ناراحتی آمونیاک رقیق بوی کنید و خود را به فضای آزاد برسانید. در صورت احساس ناراحتی شدید حتماً به پزشک باید مراجعه کرد.

**تئوری آزمایش:** برای تهیه هالوژن‌ها باید آنیون هالید (Cl<sup>-</sup>، Br<sup>-</sup> و I<sup>-</sup>) را اکسید کرد شرط این که بتوان آنیون هالید را اکسید کرد باید آن را به صورت اسید هالوژنه (HCl، HBr و HI) درآورد. برای تبدیل هالید به اسید هالوژنه، اسید سولفوریک غلیظ را باید بر نمک مورد نظر اثر داد سپس اسید آزاد شده را با اکسیدکننده مناسب اکسید کرد تا



۷- اگر مواد به کار برده شده به صورت محلول و اسید سولفوریک غلیظ نباشد چه عملی باید انجام داد تا گاز کلر آزاد شود.

۸- پس از پایان آزمایش لوله را بشوید و در جالوله به‌طور وارونه قرار دهید.

۲- چرا ابتدا گازی بنفش خارج می‌شود سپس جداریه لوله سیاه و بران می‌شود.

۳- کدام واکنش سریعتر انجام می‌گیرد: تهیه کلر - تهیه برم - تهیه ید.

۴- اگر جداریه لوله را کمی گرم کنید چه مشاهده می‌کنید؟ علت آن چیست؟

۵- چرا ید به صورت بخار خارج می‌شود؟

۶- معادله واکنش تهیه برم و ید را به ترتیب انجام واکنش بنویسید و جمع کنید تا معادله کلی به دست آید.

۷- معادله کلی هالوژنها را بنویسید.

۸- اگر در این آزمایش (تهیه ید) دی‌اکسید منگنز به کار نمی‌بردید چه می‌شد. عمل کنید و علت را توضیح دهید.

۹- ترتیب آزاد شدن گرما به هنگام تهیه هالوژن چگونه بود، مقایسه کنید

گرمای تهیه  $\dots >$  گرمای تهیه  $\dots >$   
 گرمای تهیه  $\dots$

۱۰- با توجه به مقایسه گرمای واکنش، کدام آنیون هالید احیاکننده‌تر است؟ برحسب احیا کنندگی مقایسه کنید.

آنیون  $\dots >$  آنیون  $\dots >$  آنیون  $\dots$   
 احیاکننده‌تر

۱۱- با توجه به مقایسه قدرت احیا کنندگی خاصیت اسیدی اسیدهای هالوژن‌دار را مقایسه کنید.

قدرت اسیدی  $\dots >$  قدرت اسیدی  $\dots >$  قدرت اسیدی  $\dots$

۱۲- قوی‌ترین اکسیدکننده و ضعیف‌ترین احیاکننده به ترتیب کدام است.

۱- فلوئور و فلوئورید      ۲- کلر و کلرید  
 ۳- برم و برمید      ۴- ید و یدید

۱۳- چرا فلوئور را نمی‌توان با روش تهیه کلر و برم و ید تهیه کرد؟

۱۴- اگر بخواهیم فقط از هالید مستقیماً هالوژن تهیه کنیم، چه باید کرد؟

- اگر مشاهده یا نکته جدیدی به نظرتان رسید بنویسید.

- اگر خواستید تحقیق بیشتری کنید یا آزمایش جدید به نظرتان رسید با مربی آزمایشگاه مشورت کنید. سپس آزمایش را انجام دهید.

### طرز تهیه برم (Br<sub>۲</sub>)

روش کار: دقیقاً مانند روش تهیه کلر عمل کنید با این تفاوت که این بار به جای NaCl از نمکهای NaBr یا KBr استفاده کنید. پس از ثبت دقیق مشاهده‌ها به پرسشها، پاسخ دهید:

۱- با وجود این که می‌دانیم برم (Br<sub>۲</sub>) مایع است. چرا به حالت گاز درآید؟

۲- رنگ، بو، و گرمای واکنش را با نتیجه گاز کلر مقایسه کنید.

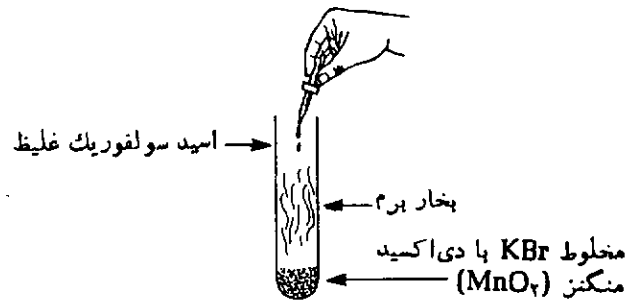
۳- گاز برم را نگذارید از لوله خارج شود. فوراً با آب لوله را بشوید و گاز را از بین ببرید. چرا؟

۴- واکنش کدام سریعتر است تهیه کلر یا تهیه برم چرا؟

۵- اگر در این آزمایش دی‌اکسید منگنز به کار نمی‌بردید چه اتفاقی می‌افتاد؟ عمل کنید و علت را بنویسید.

۶- موقع شستن لوله آزمایش اولاً لوله را سرد کنید. ثانیاً سرخود را از لوله دور نگه دارید. سپس کم کم آب بریزید. چرا؟

شکل لازم برای تهیه برم چنین است:

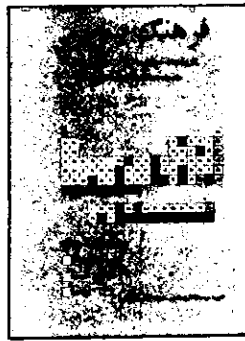
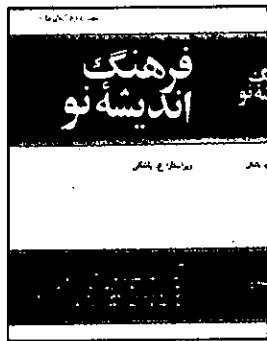
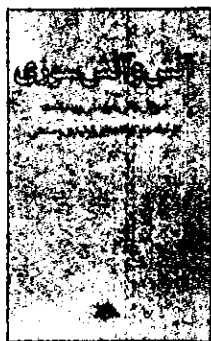


### طرز تهیه ید (I<sub>۲</sub>)

روش کار: عمل مشابه تهیه کلر و برم است. با این تفاوت که به جای NaCl، NaBr یا KI را با MnO<sub>۲</sub> مخلوط کنیم و در لوله آزمایش بریزیم. پس از انجام آزمایش دقیقاً مشاهده‌ها را یادداشت کنید و به پرسشهای زیر پاسخ دهید:

۱- گرمای کدام واکنش بیشتر است: تهیه کلر - تهیه برم - تهیه ید. چرا؟ علت را توضیح دهید.

# آشنایی با کتاب و مجلات



در این کتاب آمده است. مرجع نامی در همه زمینهای اندیشه نو

مترجمان: احمد بیرشک، دکتر محمود بهزاد، دکتر ابولقاسم قلمسیاه، دکتر باقر پرهام، دکتر فریبرز رئیس دانا، دکتر قاسم خدادادی، فریبرز مجیدی، دکتر احمد شایگان، محمد تقی فرامرزی، علی صلحجو، جواد زاهدی، مازندرانی، بهرام معلمی، پرویز منصوری، حسین باجلان فرخی...  
ویراستار: ع. پاشائی

نام مجله : گنجینه، مجله علوم پایه

مقاله‌های شماره ۹: فیزیک مابا (هوشنگ شریفزاده)، نتیجه‌ای از برخورد ذرات اتم (مهران اخباریفر)، تعیین بعضی از ویژگیهای تابع با در دست داشتن نمایش تغییرات مشتق آن (عبدالحسین مصحفی)، عدد طلایی (جلیل قراگزلو)، اسیدچیست (از کتاب What in an acid)، سرگرمیهای فیزیک، یگانگی و گوناگونی در حیات (فریده شریفی)، آشنایی با کامپیوتر ( )، مکانیسم واکنش افزایش HCl با وینیل کلرید (باقر مظفرزاده)، آهان! (از کتاب AHA!)، دالتون و تئوری اتمی، آزمایشهای بزرگ تاریخ علم (ناصر مقبلی)، مقاله‌های المپیاد ریاضی ۱۹۹۵، کانادا، یک کتاب در یک نگاه،

مقاله‌های شماره ۴: در جستجوی تعریفی برای سردار (هوشنگ شریفزاده) راه حل‌های مخفف یک مسأله (پرویز شهریاری)، آلومینیم، فلزی واکنش پذیر (دکتر منصور عابدینی)، تمام نگاری (ناصر مقبلی)، ایگناز زملوایس (Ignaz Semmelweis) و اهمیت شستن دستها (لاله عبادت)، مایکل فارادی (مهران اخباریفر)، آیا نیروی اصطکاک همواره در خلاف جهت حرکت است (مرتضی بهروز)، تئوری گروهها و تقارن در فیزیک (اصغر بهرامعلی)، ساختن مدلهای مولکولی با روشی آسان (مهران اخباریفر)، مارپیچ دو گانه DNA، یک کتاب در یک نگاه (محمد رضا خواجده پور).

نام کتاب : آتش و آتش سوزی

ناشر : انتشارات اطلس

تاریخ نشر : چاپ اول ۱۳۶۹

این کتاب در ۲۴۸ صفحه، شامل ۴ فصل:

فصل اول : (حفاظت و ایمنی صنعتی)

فصل دوم : (بهداشت صنعتی)

فصل سوم : (آتش و آتش سوزی)

فصل چهارم : (پیوستها)

مؤلف : مهندس حسن گل محمدی

نام کتاب : فرهنگ عناصر (انگلیسی به فارسی - فارسی به انگلیسی)

ناشر : انتشارات اطلس

تاریخ نشر : چاپ اول ۱۳۶۹

کتاب ۲۷۲ صفحه است. تاریخچه، خواص، طرز تهیه و کاربرد عنصرها در این کتاب آمده است.

نام مؤلفان : سید رضا آقا پور مقدم، عنبرضا توکلی صابری

نام کتاب : فرهنگ اندیشه نو

ترجمه :

The Fontana Dictionary of Modern  
Thought Oliver Stally Brass & Allend  
Bullock fifth printing 1982

ناشر : انتشارات مازیار

تاریخ نشر : چاپ اول ۱۳۶۹



**تکلیف شماره ۱**

مخلوطی از دو عنصر جابده، به جرم  $۱/۵۲g$ ، تحت تأثیر مقدار اضافی اسید هیدروکلریک قرار داده شد. در این روند،  $۰/۸۹۶dm^3$  گاز آزاد شد و  $۰/۵۶g$  باقیمانده برجای ماند که در اسید اضافی حل نشد.

در تجربه ای دیگر،  $۱/۵۲g$  از همین مخلوط، تحت تأثیر مقدار اضافی محلول هیدروکسید سدیم  $۱۰\%$  قرار گرفت. در این مورد،  $۰/۸۹۶dm^3$  گاز آزاد شد، ولی  $۰/۹۶g$  باقیمانده حل نشده برجای ماند.

در تجربه سوم،  $۱/۵۲g$  از مخلوط اولیه، بدون هوای اضافی، تا دمای بالا گرم شد. به این طریق، ترکیبی تشکیل شد که تماماً در اسید هیدروکلریک قابل حل بود و  $۰/۴۴۸dm^3$  گاز ناشناخته آزاد شد. تمام گاز به دست آمده را به یک ظرف بسته یک لیتری، پر از اکسیژن، وارد کردند. بعد از واکنش گاز ناشناخته با اکسیژن، فشار درون ظرف تقریباً  $۱۰$  مرتبه کاهش یافت.

مسأله:

۱- معادله های شیمیایی واکنشهای بالا را بنویسید و صحت آنها را با محاسبه ثابت کنید. در حل مسأله توجه داشته باشید که حجم گازها در STP اندازه گرفته شده است و جرمهای اتمی نسبی به اعداد صحیح گرد شده اند.

حل

الف) واکنش با اسید هیدروکلریک:

$$۱/۵۲g - ۰/۵۶g = ۰/۹۶g \quad \text{فلز وارد واکنش شده است.}$$

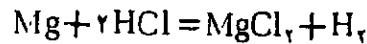
$$۰/۸۹۶dm^3 \quad \text{نیدروژن تشکیل شده است.}$$

$$۱۲g = ۱۱/۲ \times \frac{۰/۹۶}{۰/۸۹۶} \quad \text{جرم فلز ترکیب شده}$$

راه حل های ممکن:

جرم اتمی نسبی	ظرفیت	عنصر	آیا رضایت بخش است؟
۱۲	I	C	نه
۲۴	II	Mg	بلی
۳۶	III	Cl	نه

واکنش:



(ب) واکنش با هیدروکسید سدیم:

$$\text{عنصر وارد واکنش شده است. } 1/52\text{g} - 0/96\text{g} = 0/56\text{g}$$

$$\text{نیدروژن تشکیل شده است. } 0/896\text{dm}^3$$

$$\text{جرم عنصر ترکیب شده} = 11/2 \times \frac{0/56}{0/896} = 7\text{g}$$

راه حل های ممکن:

جرم اتمی نسبی	ظرفیت	عنصر	آیا رضایت بخش بوده است؟
۷	I	Li	نه
۱۴	II	N	نه
۲۱	III	Ne	نه
۲۸	IV	Si	بلی

واکنش:



### تکلیف شماره ۲

مخلوطی از فلز آهن، همراه با اکسیدهای تازه تهیه شده آهن (II) و آهن (III) در یک ظرف بسته، در آتمسفر نیدروژن حرارت داده شد. وقتی ۴/۷۲g از مخلوط عمل کرد، ۳/۹۲g آهن و ۰/۹۰g آب به دست آمد. وقتی همین مقدار از مخلوط تحت تأثیر مقدار اضافی محلول

سولفات مس (II) قرار گرفت، ۴/۹۶g مخلوط جامد به دست آمد.

مسئله ها:

۱- مقدار اسید هیدروکلریک ۷/۳ %

$$(d = 1/03 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3})$$

راکه برای حل کردن کامل ۴/۷۲g از مخلوط اولیه لازم است، محاسبه کنید.

۲- چه حجم گاز در STP آزاد شده است؟

جرمهای اتمی نسبی:

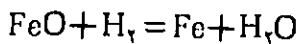
$$\text{Ar(S)} = 32 : \text{Ar(O)} = 16$$

$$\text{Ar(Cu)} = 64 : \text{Ar(Fe)} = 56$$

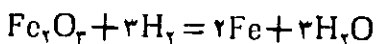
$$\text{Ar(Cl)} = 35/5$$

حل

۱- الف) کاهش با نیدروژن:



$$n(\text{Fe}) = n(\text{FeO}) ; n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{FeO})$$



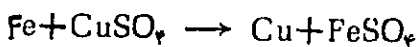
$$n(\text{Fe}) = 2n(\text{Fe}_3\text{O}_4) ; n(\text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$$

$$\text{جرم آهن بعد از کاهش: } 3/92\text{g}$$

مقدار کل آهن بعد از کاهش:

$$\begin{aligned} & n(\text{Fe}) + n(\text{FeO}) + 2n(\text{Fe}_3\text{O}_4) \\ &= \frac{3/92\text{g}}{56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0/07\text{mol} \end{aligned} \quad (1)$$

(ب) واکنش با سولفات مس (II):



افزایش جرم:

$$4/96\text{g} - 4/72\text{g} = 0/24\text{g}$$

بعد از واکنش ۱ mol Fe، افزایش جرم عبارت خواهد بود از:

$$\begin{aligned} M(\text{Cu}) - M(\text{Fe}) &= 64\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &- 56\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 8\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

مقدار آهن در مخلوط:

$$n(\text{Fe}) = \frac{0/24\text{g}}{8\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0/03\text{mol} \quad (2)$$

ج) تشکیل آب بعد از کاهش:

$$0.05 \text{ mol } H_2O \text{ / } 9g$$

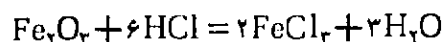
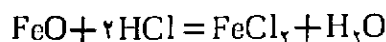
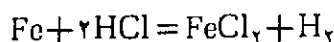
$$0.05 \text{ mol} = n(FeO) + 3n(Fe_2O_3) \quad (3)$$

با حل کردن معادله‌های (۱)، (۲) و (۳):

$$n(FeO) = 0.02 \text{ mol}$$

$$n(Fe_2O_3) = 0.01 \text{ mol}$$

د) مصرف اسید:



$$\begin{aligned} n(HCl) &= 2n(Fe) + 2n(FeO) + 6n(Fe_2O_3) \\ &= 0.06 \text{ mol} + 0.04 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} \\ &= 0.16 \text{ mol} \end{aligned}$$

یک قسمت از آهن بر طبق معادله زیر واکنش می‌دهد:



$$n(Fe) = \frac{1}{3} n(FeCl_2) = n(Fe_2O_3)$$

$$n(Fe) = 0.01 \text{ mol}$$

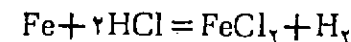
یعنی مصرف اسید  $0.02 \text{ mol}$  کاهش می‌یابد.

مصرف کل اسید:

$$n(HCl) = 0.14 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} V(\%7/3 HCl) &= \frac{n \times M}{W \times d} \\ &= \frac{0.14 \text{ mol} \times 36.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0.073 \times 1.03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \\ &\approx 68 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

۴- حجم نیدروژن:



$$0.02 \text{ mol} \quad \text{آهن در مخلوط:}$$

$$0.01 \text{ mol} \quad \text{آهن عمل کرده با } FeCl_3$$

$$0.02 \text{ mol} \quad \text{آهن عمل کرده با اسید:}$$

در نتیجه،  $0.02 \text{ mol}$  نیدروژن، یعنی  $0.448 \text{ dm}^3$  نیدروژن تشکیل شده است.

### تکلیف شماره ۳

حجمی برابر  $200 \text{ cm}^3$  از محلول ۲ نرمال کلرید سدیم  $(d = 1.10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3})$  در یک سائول الکترولیز با الکترودهای مسی، در حال بهم زدن مستمر، الکترولیز شد. وقتی  $22/4 \text{ dm}^3$  (در STP) گاز در کاند آزاد شد، الکترولیز را متوقف ساختند.

مسأله:

۱- بعد از الکترولیز، درصد جرمی  $NaCl$  را در محلول محاسبه کنید.

جرمهای اتمی نسبی:

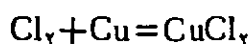
$$Ar(O) = 16 : Ar(H) = 1$$

$$Ar(Cu) = 64 : Ar(Cl) = 35.5$$

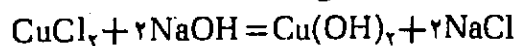
$$Ar(Na) = 23$$

حل

محاسبه‌ها با این فرض انجام می‌شوند که واکنشهای زیر صورت گرفته‌اند:



به علت این که محلول الکترولیت پیوسته بهم زده می‌شود، واکنش زیر اهمیت پیدا می‌کند:



با این فرض که تمامی کلر با مس واکنش می‌دهد، جرم  $NaCl$  در محلول الکترولیت، در جریان الکترولیز بدون تغییر باقی می‌ماند.

$$\begin{aligned} m(NaCl) &= n \times m = C \times V \times M \\ &= 2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.2 \text{ dm}^3 \\ &\quad \times 58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 23.4 \text{ g} \end{aligned}$$

$$V(H_2) = 22/4 \text{ dm}^3$$

یعنی:

$$n(H_2) = 1 \text{ mol}$$

مقدار آب در محلول به اندازه:

$$m(H_2O) = 36 \text{ g} : n(H_2O) = 2 \text{ mol}$$

کاهش یافته است.

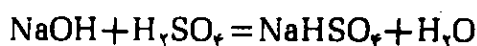
ب) وقتی ۱ mol آب تشکیل شده باشد، گرمای خنثی شدن برابر است با:

$$\Delta H_{\text{خنثی شدن}} = -\frac{m \times C \times \Delta t}{n(\text{H}_2\text{O})}$$

$$= -\frac{100\text{g} \times 4.19\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 3.4\text{K}}{0.025\text{mol}}$$

$$= -57000\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ج)



دمای محلول حاصل، با توجه به معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$m_1 \times C_1 \times t_1 + m_2 \times C_2 \times t_2 = m \times C \times t$$

$$C_1 = C_2 = C$$

$$m_1 \times t_1 + m_2 \times t_2 = m \times t$$

$$t = \frac{m_1 \times t_1 + m_2 \times t_2}{m}$$

$$= \frac{100 \times 23.4 + 70 \times 20}{170} = 22^\circ\text{C}$$

د) افزایش دما ناشی از واکنش NaOH با  $\text{H}_2\text{SO}_4$  به صورت زیر است:

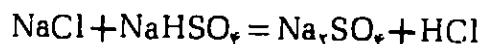
$$t = -\frac{n(\text{H}_2\text{O}) \times \Delta H_{\text{خنثی شدن}}}{m \times C}$$

$$= \frac{0.025\text{mol} \times 57000\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}}{170\text{g} \times 4.19\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} = 2\text{K}$$

دمای پایانی محلول:

$$t = 22 + 2 = 24^\circ\text{C}$$

۴-۵) چون فرض این است که به هنگام تبخیر محلول، واکنش زیر صورت می‌گیرد:



باقیمانده خشک،  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  است.

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m \times M = 0.025\text{mol} \times 142\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 3.55\text{g}$$

### تکلیف شماره ۵

از واکنش برم با یک هیدروکسید ناشناخته، فقط یک محصول به دست آمد. دانسته آن  $5/207$  مرتبه بزرگتر از دانسته هوا بود.

قبل از الکترولیز:

$$m(\text{NaCl محلول}) = V \times d = 200\text{cm}^3 \times 1.10\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 220\text{g}$$

$$\% \text{NaCl} = \frac{23/4\text{g}}{220\text{g}} \times 100 = 10/62$$

پس از الکترولیز:

$$m(\text{NaCl محلول}) = 220\text{g} - 36\text{g} = 184\text{g}$$

$$\% \text{NaCl} = \frac{23/4\text{g}}{184\text{g}} \times 100 = 12/72$$

### تکلیف شماره ۴

۵۰g محلول هیدروکسید سدیم ۴٪ و ۵۰g محلول اسید هیدروکلریک ۱/۸۲۵٪ در یک ظرف عایق گرمایی، در دمای  $20^\circ\text{C}$  مخلوط شدند. دمای محلولی که به این طریق به دست آمد،  $23/4^\circ\text{C}$  افزایش یافت. سپس ۷۰g اسید سولفوریک ۳/۵٪ با دمای  $20^\circ\text{C}$  به محلول بالا اضافه شد.

مسأله:

- ۱- دمای پایانی محلول حاصل را محاسبه کنید.
  - ۲- مقدار باقیمانده خشکی را که بعد از تبخیر محلول بر جای می‌ماند، معین کنید.
- در محاسبه مسأله اول، از ظرفیت گرمایی

$$C = 4.19\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

استفاده کنید.

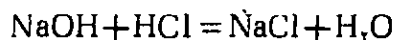
جرمهای اتمی نسبی:

$$\text{Ar}(\text{O}) = 16 : \text{Ar}(\text{H}) = 1$$

$$\text{Ar}(\text{Cl}) = 35.5 : \text{Ar}(\text{S}) = 32$$

حل

۱- الف)



$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{محلول NaOH}) \times W}{M(\text{NaOH})}$$

$$= \frac{50\text{g} \times 0.04}{40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05\text{mol}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{50\text{g} \times 0.01825}{36.5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.025\text{mol}$$

عمل نکرده است:

$$n(\text{NaOH}) = 0.025\text{mol}$$

مسأله:

۱- فرمول ساختمانی هیدروکربن ناشناخته را تعیین کنید.

جرمهای اتمی نسبی:

$$\text{Ar}(\text{C}) = 12 : \text{Ar}(\text{H}) = 1$$

$$\text{Ar}(\text{Br}) = 80$$

حل

۱- جرم مولکولی نسبی هیدروکربن ابتدایی را می توان

از روی دانسیته آن محاسبه کرد:

$$\text{Mr}(\text{RBr}) = 29 \times 5 / 207 = 151$$

فقط مشتق منو بروم را می توان مورد توجه قرار داد، زیرا جرم

مولکولی مشتق دی بروم باید بزرگتر باشد:

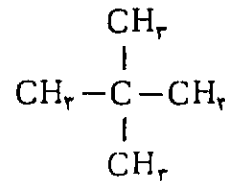
$$\text{Mr}(\text{RBr}_2) > 160$$

$$\text{Mr}(\text{RH}) = 151 - 80 + 1 = 72$$

فرمول خلاصه مربوط:  $\text{C}_5\text{H}_{12}$

شرط داده شده (فقط يك محصول) با ۲،۲-دی متیل پروپان

تأمین می شود:



### تکلیف شماره ۶

ترکیب آلی A، ۴۱/۳۸٪ کربن و ۳/۴۵٪ هیدروژن دارد.

بقیه اکسیژن است. هنگامی که ترکیب A با اتانول، در

حضور يك اسید، گرم می شود، جسم تازه B را تولید می کند

که ۵۵/۸۱٪ کربن، ۶/۹۷٪ هیدروژن و اکسیژن دارد.

هنگامی که ترکیب ابتدایی A، تحت تأثیر هیدروبرمید

قرار می گیرد، محصول C تولید می شود. وقتی این ترکیب

را در آب بجوشانند، به جسم D تبدیل می شود. جسم D

دارای ۳۵/۸۲٪ کربن، ۴/۴۸٪ هیدروژن و اکسیژن است.

برای واکنش با ۲۰cm<sup>3</sup> محلول هیدروکسید پتاسیم ۲N،

مقدار ۲/۶۸ گرم از جسم D لازم است.

مسألهها:

۱- فرمولهای ساختمانی تمام اجسام ذکر شده در بالا،

A، B، C و D را تعیین کنید.

از این خاصیت که ترکیب A، هنگام گرم شدن، آب از

دست می دهد، استفاده کنید.

۲- معادلههای شیمیایی واکنشهای بالا را بنویسید.

جرمهای اتمی نسبی:

$$\text{Ar}(\text{C}) = 12 : \text{Ar}(\text{H}) = 1$$

$$\text{Ar}(\text{K}) = 39 : \text{Ar}(\text{O}) = 16$$

حل

۱- فرمولهای استوکیومتری ترکیبها:

$$\text{A: } \text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$$

$$x : y : z = \frac{41/38}{12} : \frac{3/45}{1} : \frac{55/17}{16} = 1 : 1 : 1$$

$$\text{B: } \text{C}_m\text{H}_n\text{O}_p$$

$$m : n : p = \frac{55/81}{12} : \frac{6/97}{1} : \frac{37/22}{16} = 2 : 3 : 1$$

$$\text{D: } \text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c$$

$$a : b : c = \frac{35/82}{12} : \frac{4/48}{1} : \frac{59/70}{16} = 4 : 6 : 5$$

$$2\text{N KOH } 20\text{cm}^3 \triangleq \text{KOH } 0.04\text{mol}$$

$$\triangleq \text{D از جسم } \frac{0.04\text{mol}}{V}$$

$$\triangleq \text{D از جسم } 2/68\text{g}$$

$$V = 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{D از ترکیب } 1\text{mol} = V \times 67\text{g}$$

$$\text{Mr}(\text{D}) = 67 \text{ یا } 134 \text{ یا } 201 \text{ غیره}$$

با توجه به فرمول استوکیومتری و جرم مولکولی ترکیب D،

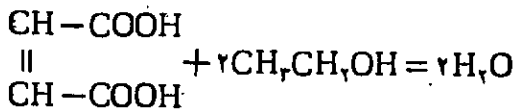
ساختار آن  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$  است. بنابراین، فرمولهای مولکولی

ترکیبهای A، B و C به صورت زیر است:

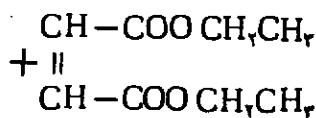
$$\text{A: } \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4 : \text{B: } \text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_4$$

$$\text{C: } \text{C}_4\text{H}_5\text{O}_4\text{Br}$$

۲- معادلهها:



A



B

پنجمین  
المیاد بین المللی  
صوفیه ۱۹۷۳  
بلغارستان

دکتر علی سیادی

تکلیف شماره ۱

در نیتراسیون یک مشتق هیدروکسیلدار بنزن، ترکیبی تشکیل می‌شود که ۴۹/۰٪ جرمی اکسیژن دارد. کاهش الکترولیتی کامل ۰/۴۵۵g از این ترکیب، به بار ۴۳۵۰ کولن نیاز دارد، بازده جریان ۸۵٪ است.

مسأله:

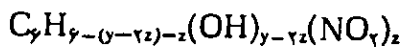
اگر محصول کاهش الکتروشیمیایی، یک مشتق آروماتیک هیدروکسی آمینو باشد، فرمول استوکیومتری و همچنین فرمول ساختمانی ترکیب را تعیین کنید.

$$F(بار\ فاراده) = 96500C$$

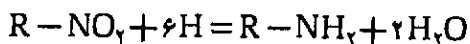
حل

الف) فرمول ترکیب:  $C_6H_xO_yN_z$

ترکیب مورد نظر یک مشتق هیدروکسی نیتروبنزن است:

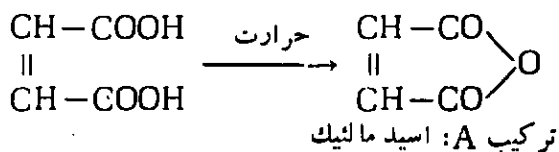
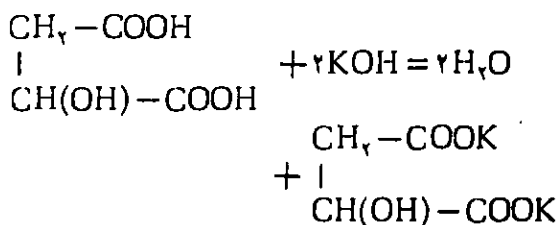
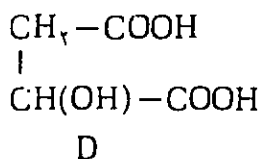
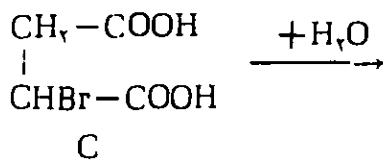
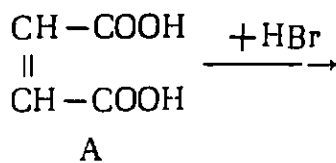


ب) معادله کاهش:



جرمی از ماده که وارد واکنش شده:

$$E = \frac{M(\text{ترکیب})}{6z} \quad (1)$$



تکلیف‌های شماره ۷-۸ (تجربی)

تکلیف شماره ۷

نمونه‌های ناشناس، موجود در ده لوله آزمایش شماره‌دار را با استفاده از واکنشگرها و امکاناتی که بر روی میز آزمایشگاه در دسترس می‌باشند، تعیین کنید. معادله‌های شیمیایی مهمترین واکنشهای را که برای تشخیص هر جسم مورد استفاده بوده است، بنویسید. در موردی که واکنشها در محلول اجرا می‌شوند، معادله را به صورت یونی خلاصه بنویسید.

تکلیف شماره ۸

در دهم ماه ژوئن، مخلوطی از اسید فرمیک و مقدار اضافی اتانول تهیه شد. این مخلوط بمدت تقریباً یک ماه، در یک ظرف بسته، نگهداری شد. فقط با استفاده از واکنشگرها و امکاناتی که بر روی میز آزمایشگاه در دسترس می‌باشند، ترکیب درصد این مخلوط را در روز مسابقه، به‌طور کمی، تعیین کنید. مقادیر اسید و اتانولی را که در ابتدا باهم مخلوط شده‌اند، بر حسب درصد جرمی محاسبه کنید.



$$M(\text{ترکیب}) = 78 + 16y + 14z \quad (5)$$

با حل کردن معادله‌های (۲)، (۳)، (۴) و (۵)، نتایج زیر را به دست می‌آوریم:

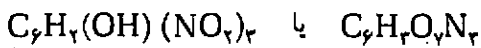
$$M(\text{ترکیب}) = 229 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$x = 2$$

$$y = 7$$

$$z = 2$$

فرمول مولکولی ترکیب:



است. این ترکیب ۲، ۴، ۶-تری‌نیتروفل است.

### تکلیف شماره ۲

مخلوطی از یک هیدروکربن گازی و اکسیژن در دمای  $406/5^\circ\text{K}$  و فشار  $101325\text{Pa}$ ، در ظرفی به حجم  $1\text{dm}^3$  قرار دارد. اکسیژن موجود در مخلوط، دو برابر مقداری است که برای واکنش با هیدروکربن مورد نیاز است. بعد از سوختن هیدروکربن، فشار درون ظرف (در همان دما) ۵٪ افزایش یافته است.

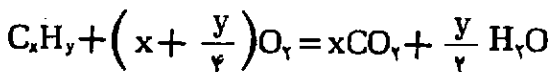
مسأله:

۱- اگر آب تشکیل شده در سوختن هیدروکربن،  $0/162\text{g}$  بوده باشد، چه هیدروکربنی در مخلوط وجود داشته است.

حل

مقادیر اجسام واکنش‌کننده و محصولات واکنش:

معادله:



$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0/162\text{g}}{18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$= 0/009\text{mol}$$

$$n(\text{C}_x\text{H}_y) = \frac{0/009\text{mol}}{\frac{y}{2}} = \frac{0/018}{y}\text{mol} \quad (1)$$

شیمی

مقدار باری که برای کاهش الکتروشیمیایی مورد نیاز است:

$$Q = 2350\text{C} \times 0/8 = 3280\text{C}$$

جرمی از ترکیب که وارد واکنش شده:

$$E = \frac{m}{\frac{3280}{F}} = 0/458 \times \frac{96500\text{C}}{3280\text{C}} = 12/7$$

$$M(\text{ترکیب}) = 76/2z \quad (2) \quad \text{در رابطه با (1):}$$

$$\%O = \frac{y \times M(O) \times 100}{M(\text{ترکیب})} \quad (3)$$

$$49 = \frac{y \times M(O) \times 100}{M(\text{ترکیب})} \rightarrow$$

$$M(\text{ترکیب}) = 32/7y \quad (3)$$

$$M(\text{ترکیب}) = 6M(C) + xM(H)$$

$$+ yM(O) + zM(N) \quad (5)$$

$$M(\text{ترکیب}) = 6 \times 12 + x + 16y + 14z$$

با توجه به فرمول عمومی مشتق هیدروکسی بنزن ناشناخته:

$$x = 6 - (y - 2z) - z + y - 2z$$

$$x = 6 - z$$

(4)

بنابراین:

$$M(\text{ترکیب}) = 72 + 6 - z + 16y + 14z$$

$\text{CH}_3\text{COOH}$  و  $\text{HClO}$  مخلوط و سپس تا حجم کل  $100\text{cm}^3$  رقیق شده‌اند. ثابت یونیزاسیون  $\text{CH}_3\text{COOH}$  برابر  $1/8 \times 10^{-5}$  و ثابت یونیزاسیون  $\text{HClO}$   $3/7 \times 10^{-8}$  است.

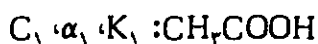
مسئله‌ها:

۱- درجه یونیزاسیون هر یک از اسیدهای موجود در محلول را حساب کنید.

۲- اگر محلول رقیق شامل  $\text{CH}_3\text{COOH}$  نمی بود، درجه یونیزاسیون  $\text{HClO}$  را حساب کنید.

۳- مقدار pH محلولی را کسه در این حال شامل  $\text{CH}_3\text{COOH}$  و  $\text{HClO}$  است، حساب کنید.

حل



$$C_1 = C_2 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = C$$



$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad -1$$

$$= \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)C \times \alpha_1 C}{(1 - \alpha_1)C}$$

$$= \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)\alpha_1 C}{1 - \alpha_1} \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]} = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)\alpha_2 C}{1 - \alpha_2} \quad (2)$$

$\alpha_1 + \alpha_2 \cong \alpha_1$  و  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  در نتیجه  $K_1 \gg K_2$

$$K_1(1 - \alpha_1) = \alpha_1^2 C$$

$$C\alpha_1^2 + K_1\alpha_1 - K_1 = 0$$

$$\alpha_1 = 0/125$$

اگر (2) را بر (1) تقسیم کنیم:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{(1 - \alpha_1)\alpha_2}{(1 - \alpha_2)\alpha_1}$$

بعد از جانشین کردن  $\alpha_1$ :

$$\alpha_2 = 2/92 \times 10^{-4}$$

$$K_2 = \frac{\alpha_2^2 C}{1 - \alpha_2} \quad -2$$

$$n(\text{O}_2) = \left(x + \frac{y}{2}\right) \times \frac{0/009 \text{ mol}}{\frac{y}{2}}$$

$$= \frac{x + \frac{y}{2}}{y} \times 0/018 \text{ mol} \quad (2)$$

$$n(\text{CO}_2) = x \times \frac{0/009 \text{ mol}}{\frac{y}{2}}$$

$$= \frac{x}{y} \times 0/018 \text{ mol} \quad (3)$$

قبل از واکنش:

$$n(\text{مخلوط}) = \frac{P \times V}{R \times T}$$

$$= \frac{101/325 \text{ kPa} \times 1 \text{ dm}^3}{8/314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296/15 \text{ K}}$$

$$= 0/03 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) + 2n(\text{O}_2) = 0/03 \text{ mol} \quad (4)$$

بعد از واکنش:

$$P = 101/325 \text{ kPa} \times 1/05 = 106/2 \text{ kPa}$$

$$n(\text{مخلوط}) = \frac{P \times V}{R \times T}$$

$$= \frac{106/2 \text{ kPa} \times 1 \text{ dm}^3}{8/314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 296/15 \text{ K}}$$

$$= 0/0315 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) + n(\text{O}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) = 0/0315 \text{ mol}$$

$$n(\text{CO}_2) + n(\text{O}_2) = 0/0225 \text{ mol} \quad (5)$$

هنگامی که (1)، (2) و (3) در (4) و (5) قرار داده شوند، معادله‌ای با دو مجهول به دست می‌آید که وقتی حل بشود، نتایج زیر به دست می‌آیند:

$$x = 3 : y = 6$$

فرمول استوکیومتری هیدروکربن ناشناخته  $\text{C}_2\text{H}_2$  است.

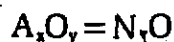
تکلیف شماره 3

حجمهای مساوی ( $10\text{cm}^3$ ) از محلولهای  $0/01$  مولار

محلول:

$$xM(A) = 28g \cdot mol^{-1} \quad Y = 1 \quad -1$$

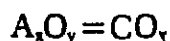
$$X = 2 \quad \text{مطابق با}$$



$$A = N$$

$$xM(A) = 12g \cdot mol^{-1} \quad Y = 2 \quad -2$$

$$X = 1 \quad \text{مطابق با}$$



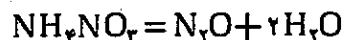
$$A = C$$

$$n(A_2O_7) : n(H_2O) = 1 : 2$$

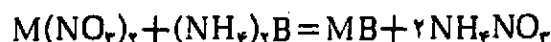
چون:

$$M(\text{باقیمانده خشك}) = \frac{2/0g}{0/025mol} = 80g \cdot mol^{-1}$$

قطر راه حل اول صحیح است:



(ب) واکنش رسوبی را می توان به وسیله معادله زیر توصیف کرد:



$$M(MB) = \frac{m}{n} = \frac{1/25g}{0/0125mol} = 100g \cdot mol^{-1}$$

$$M(MO) = \frac{m}{n} = \frac{0/7g}{0/0125mol} = 56g \cdot mol^{-1}$$

$$M(M) = M(MO) - M(O) = 56 - 16 = 40g \cdot mol^{-1}$$

$$M = Ca$$

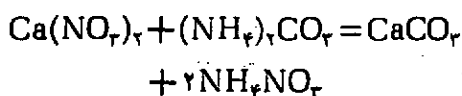
- دمای تجزیه رسوب:  $1100^\circ C$

- محصول تجزیه گرمایی: CaO

- جرم مولی رسوب:  $100g \cdot mol^{-1}$

نتیجه گیری: رسوب CaO است.

(ج) واکنش:



$$\alpha_1 \ll 1$$

$$K_1 = \alpha_1^2 C$$

$$\alpha_1 = 6/08 \times 10^{-2}$$

$$[H_3O^+] = \alpha_1 C + \alpha_2 C = (\alpha_1 + \alpha_2) C \quad -3$$

$$= (0/125 + 2/94 \times 10^{-4}) \times 10^{-2}$$

$$\approx 1/25 \times 10^{-4} mol \cdot dm^{-3}$$

$$pH = 3/9$$

### تکلیف شماره 4

هنگامی که محلولهای دو جسم ناشناخته را به نسبت استوکیومتری مساوی یکدیگر مخلوط می کنند،  $1/25g$  رسوب تشکیل می شود که شامل نمک یک فلز دو ظرفیتی M است. هنگامی که این رسوب را تا  $1100^\circ C$  گرم می کنند، به  $0/70g$  اکسید فلزی MO و یک اکسیدگازی دیگر تجزیه می شود. بعد از تبخیر مایع صاف شده، یک باقیمانده خشك به جرم  $2/0g$  برجای می ماند که در اثر تجزیه گرمایی در  $115^\circ C$ ، دو محصول، یکی اکسیدگازی و  $0/90g$  گرم بخار آب تولید می سازد. حجم کل مخلوط گازی (در STP)  $1/68 dm^3$  است.

مسأله:

۱- ترکیبات ناشناخته را تعیین کنید و معادله های شیمیایی واکنشهای ذکر شده در بالا را بنویسید:

حل

الف) باقیمانده خشك:  $2/0g$

$H_2O$ :  $0/90g$  یعنی  $0/05mol$

اکسید  $A_2O_7$ :  $1/1g$

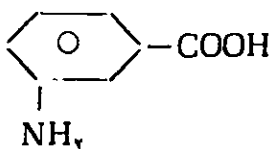
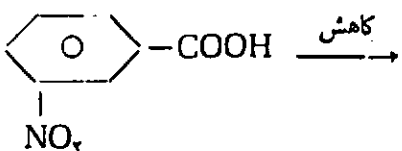
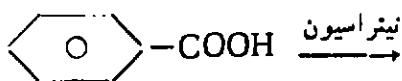
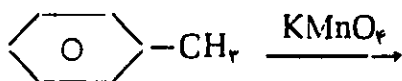
$$n(\text{مخلوط}) = \frac{1/68 dm^3}{22/4 dm^3 \cdot mol^{-1}}$$

$$= 0/075 mol$$

$$n(A_2O_7) = n(\text{مخلوط}) - n(H_2O) = 0/025 mol$$

$$M(A_2O_7) = \frac{m}{n} = \frac{1/1g}{0/025 mol} = 44g \cdot mol^{-1}$$

ج) سنتز اسید متا - آمینو بنزوئیک:



### تکلیف شماره ۶

یک مخلوط گازی، شامل دو هیدروکربن پیایی از یک سری هومولوگ، ۱۴/۴ مرتبه سنگینتر از نیدروژن بود. حجمی برابر  $16/8 \text{ dm}^3$  از این مخلوط به هیدرات تبدیل شد. هنگامی که محصولات هیدراسیون بوسیله آب جذب شد، ۳۵۰g محلول به دست آمد. ۱۰g از این محلول انتخاب و در حضور اکسید نقره (I) حرارت داده شد. اکسید نقره خود از  $70 \text{ cm}^3$  محلول یک نرمال نترات نقره (I) تهیه شده بود. عمل نکرده را در محلول آبی آمونیاک حل و رسوب باقیمانده را صاف کردند. محلول صاف شده را با اسید نیتریک اسیدی کردند و مقدار اضافی بر میدسديم به آن افزودند. ۹/۴g رسوب نتیجه داد.

هنگامی که مخلوط هیدروکربن‌های عمل نکرده را با مقدار اضافی نیدروژن ۵۰٪ مخلوط کردند و از روی کاتالیزور Pt گرم عبور دادند، حجم آن تا  $11/2 \text{ dm}^3$  کاهش یافت. حجم گازها در شرایط STP اندازه گرفته شده بود.

مسأله:

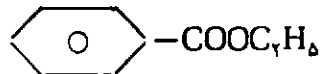
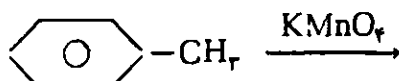
- ۱- در مخلوط ابتدایی، چه هیدروکربنهایی وجود داشته است؟
- ۲- معادله‌های شیمیایی واکنشهای ذکر شده در بالا را بنویسید.
- ۳- ترکیب درصد حجمی مخلوط ابتدایی را حساب کنید.

### تکلیف شماره ۵

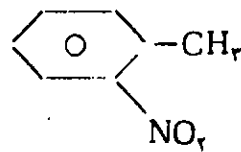
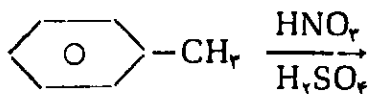
با استفاده از اطلاعاتی که راجع به خواص بنزن و مشتقات آن دارید، معادله‌های شیمیایی واکنشهایی را که بدان وسیله اتیل‌استر اسید بنزوئیک و همچنین اسیدهای ارتو - ، متا - و پارا - آمینوبنزوئیک با کوناهترین راه تهیه می‌شوند، بنویسید.

حل

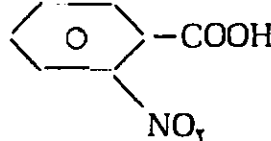
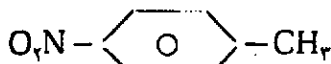
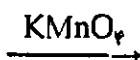
الف) سنتز اتیل‌استر اسید بنزوئیک:



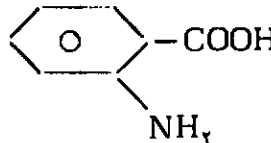
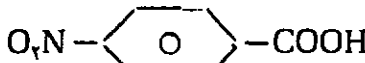
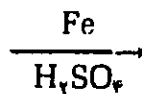
ب) سنتز اسیدهای ارتو - و پارا - آمینوبنزوئیک:



+



+



+



$$26x + 40 \times (0.25 - x) = 28.8 \times 0.25$$

$$x = 0.2$$

$$n(C_2H_2) = 0.2 \text{ mol}$$

$$n(C_2H_4) = 0.05 \text{ mol}$$

قبل از هیدراسیون:

$$n(\text{مخلوط}) = \frac{16/8 \text{ dm}^3}{22/2 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.75 \text{ mol}$$

$$n(\text{AgNO}_3) = C \times V = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 0.07 \text{ dm}^3 = 0.07 \text{ mol}$$

با توجه به (۳):

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = 0.035 \text{ mol}$$

$$n(\text{AgBr}) = \frac{m}{M} = \frac{9/2 \text{ g}}{188 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.05 \text{ mol}$$

با توجه به (۷)، (۱۰)، (۵):

عمل نکرده:

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = 0.025 \text{ mol}$$

عمل کرده:

$$n(\text{Ag}_2\text{O}) = 0.035 - 0.025 = 0.01 \text{ mol}$$

به علت رقیق شدن، مقادیر عمل کرده اجسام عبارت بوده است از:

$$n(\text{CH}_3\text{CHO}) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0.2 \text{ mol}$$

کل	هیدروژناسیون	هیدراسیون	
0.55 mol	0.20 mol	0.25 mol	: C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>

0.20 mol	0.05 mol	0.15 mol	: C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
----------	----------	----------	---------------------------------

$$\Sigma = 0.75 \text{ mol}$$

$$\%C_2H_2(\text{حجم}) = \frac{0.55 \text{ mol}}{0.75 \text{ mol}} \times 100 = 73.33$$

$$\%C_2H_4(\text{حجم}) = \frac{0.20 \text{ mol}}{0.75 \text{ mol}} \times 100 = 26.67$$

$$\%C_2H_2(\text{حجم}) = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.55 \text{ mol}} \times 100 = 45.45 \quad -2$$

$$\%C_2H_4(\text{حجم}) = \frac{0.15 \text{ mol}}{0.20 \text{ mol}} \times 100 = 75.0$$

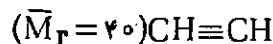
تکلیف‌های شماره ۷-۹ (تجربی)

۴- چقدر (بر حسب درصد) از هر هیدروکربن آب گرفته است؟

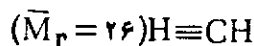
حل

$$\bar{M}_r = 2 \times 14/4 = 28/8 \quad -1$$

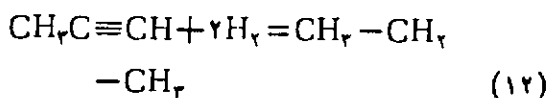
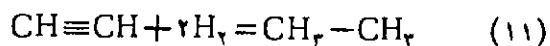
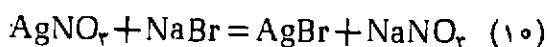
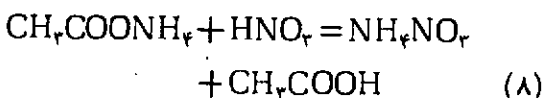
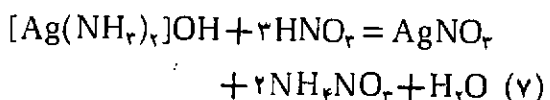
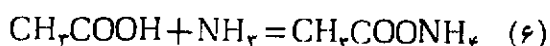
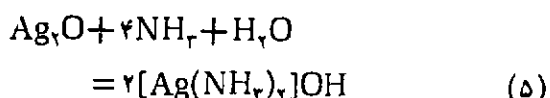
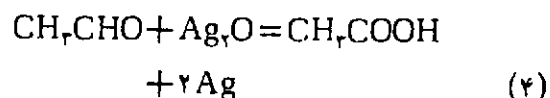
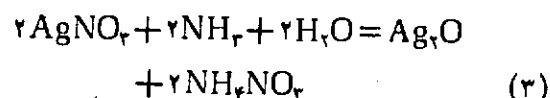
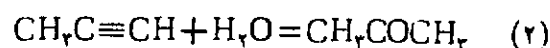
اگر به فعالیت هیدروکربنها و مقدار  $\bar{M}_r$  توجه شود، مخلوط فقط می‌تواند از



و



تشکیل شده باشد.



۳- با توجه به (۱۱) و (۱۲) و با توجه به تیروژن اضافی، مقادیر اجسام، قبل از تیروژناسیون کاتالیزوری، به شرح زیر است:

$$n(\text{مخلوط}) = \frac{11/2 \text{ dm}^3}{2} = 5.5 \text{ dm}^3 \text{ یعنی } \rightarrow$$

$$0.25 \text{ mol}$$

### تکلیف شماره ۷

محلولهای نمکی زیر در دوازده لوله آزمایش شماره‌دار در دسترس می‌باشند:

، KI ، NaCl ،  $(NH_4)_2CO_3$  ،  $BaCl_2$  ،  $AgNO_3$  ،  
 ،  $Al(NO_3)_3$  ،  $Pb(NO_3)_2$  ،  $NH_4Cl$  ،  $ZnCl_2$  ،  
 ،  $Hg(NO_3)_2$  ،  $Cr(NO_3)_3$  ،  $CrCl_3$

شماره گذاری لوله‌های آزمایش با ترتیب نمکهای داده شده در بالا تطبیق نمی‌کند. محتوای لوله‌های آزمایش را به کمک کمترین تعداد عمل آزمایشگاهی ثابت کنید. در پاسخهایتان نمک مناسب را با شماره لوله آزمایش ردیف کنید. معادله‌های شیمیایی واکنشها را بنویسید.

### تکلیف شماره ۸

شش لوله آزمایش شامل ترکیبات زیرند:

$CuCl_2$  یا  $NiCl_2$  ،  $NaHCO_3$  یا  $Na_2CO_3$

$Al(NO_3)_3$  یا  $ZnCl_2$  ،  $Pb(NO_3)_2$  یا  $AgNO_3$

$Ba(NO_3)_2$  یا  $NH_4NO_3$  ، KI یا  $ZnSO_4$

شماره لوله‌های آزمایش با ترتیب ترکیبات تطبیق نمی‌کند. محتوی هر لوله آزمایش را به کمک واکنشگرهایی که در دسترس می‌باشند، ثابت کنید. واکنشها را به کمک معادله‌های شیمیایی توصیف کنید.

### تکلیف شماره ۹

سه لوله آزمایش وجود دارد که با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص شده‌اند. محتوی هر لوله آزمایش را به کمک واکنشگرهایی که در دسترس می‌باشند، ثابت کنید و فرمول مناسب ترکیب را در رابطه با هر شماره بنویسید. معادله‌های شیمیایی واکنشها را بنویسید.

## اطلاعه

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور که بمنظور ارتقاء سطح دانش معلمان و ایجاد ارتباط متقابل میان صاحب نظران، معلمان و دانشجویان با برنامه‌ریزان امور درسی از سوی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش هر سه ماه یکبار - چهار شماره در سال - منتشر می‌شود در حال حاضر عبارتند از:

- |                        |                         |                           |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| ۱ - آموزش ریاضی ۲۸     | ۵ - آموزش زیست‌شناسی ۲۱ | ۹ - آموزش معارف اسلامی ۱۱ |
| ۲ - آموزش شیمی ۲۲      | ۶ - آموزش زبان ۲۵       | ۱۰ - آموزش علوم اجتماعی ۵ |
| ۳ - آموزش جغرافیا ۲۴   | ۷ - آموزش زمین‌شناسی ۲۰ |                           |
| ۴ - آموزش ادب فارسی ۲۳ | ۸ - آموزش فیزیک ۲۲      |                           |

دیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقمندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت دریافت چهار مجله در سال مبلغ ۴۰۰ ریال به حساب ۹۲۹ خزانه بانک مرکزی - قابل پرداخت در کلیه شعب بانک ملی - واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شده زیر به نشانی تهران، جاده آبهلی، خیابان سازمان آب بیست متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ - تلفن ۷۸۵۱۱۰ - ارسال دارند. ضمناً معلمان، کارشناسان، مدیران، پژوهشگران و سایر علاقمندان به امور تعلیم و تربیت جهت آگاهی بیشتر از یافته‌های صاحب نظران می‌توانند با پرداخت مبلغ ۸۰۰ ریال در هر سال ۴ جلد فصلنامه تعلیم و تربیت دریافت نمایند.

\*\*\* دانشجویان مرکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند

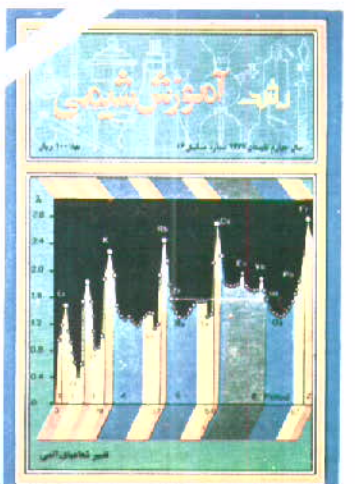
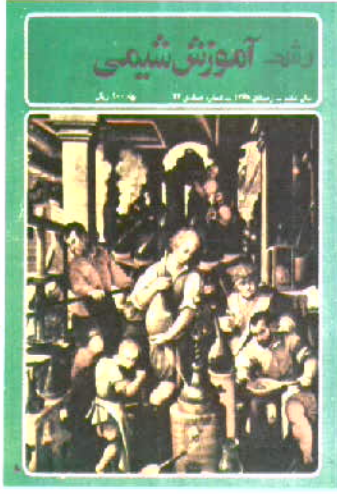
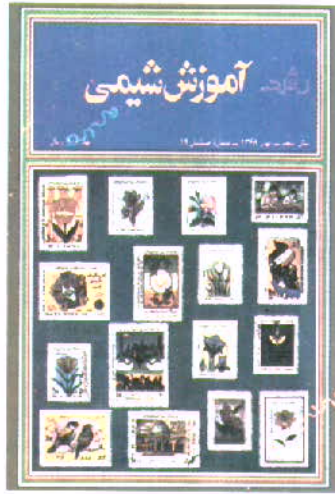
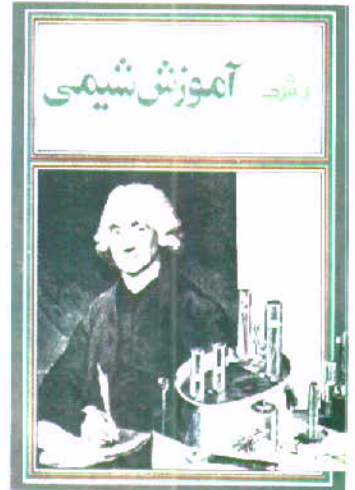
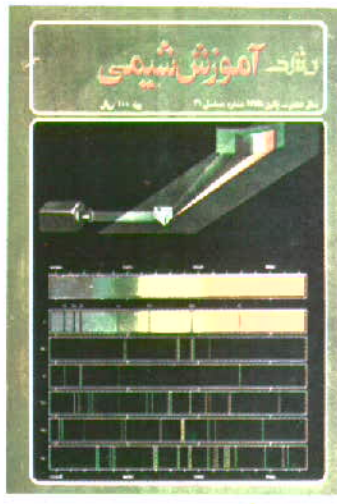


### فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجاناب \_\_\_\_\_ با ارسال فیش واریز مبلغ ۴۰۰ ریال متقاضی اشتراک یکساله مجله رشد آموزش \_\_\_\_\_ هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان \_\_\_\_\_ شهرستان \_\_\_\_\_ خیابان \_\_\_\_\_ کوچه \_\_\_\_\_

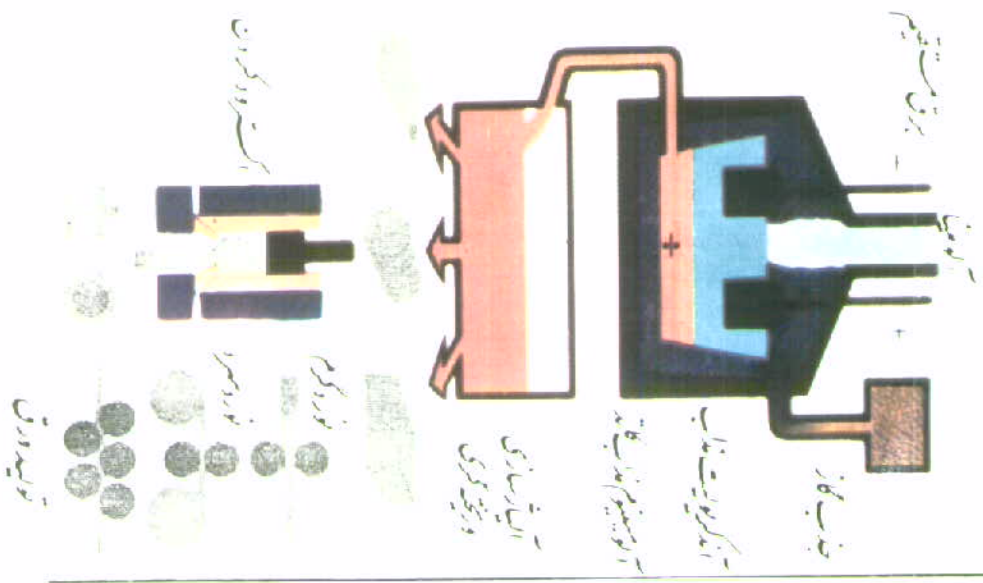
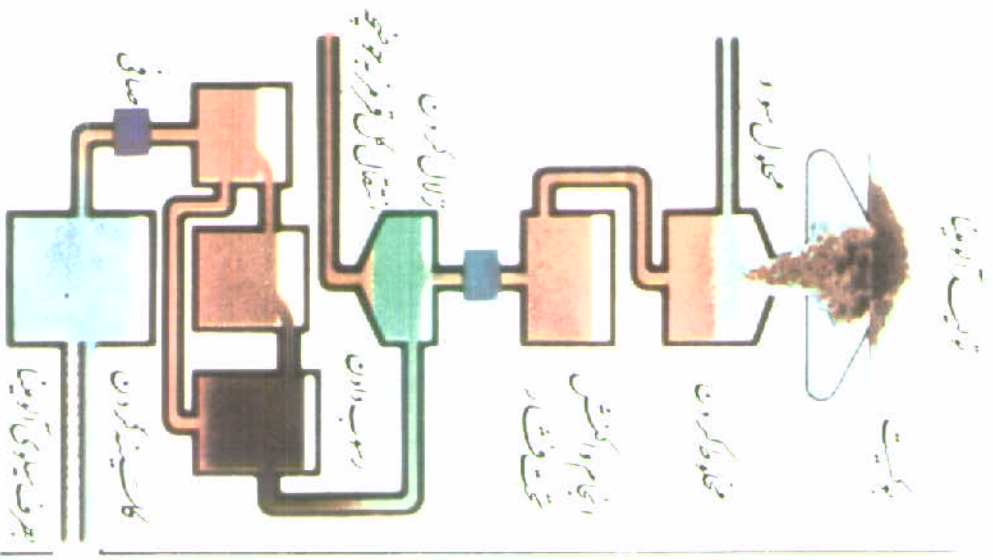
پلاک \_\_\_\_\_ کد پستی \_\_\_\_\_ تلفن \_\_\_\_\_





# آلومینیوم از ماده اولیه تا محصول نهایی

مراحل تولید و ریختن آلومینیوم



## مصارف آلومینیوم

