

# رشد آموزش شیمی

سال اول شماره ۴ - ۳ بهار و تابستان ۱۳۶۴ بها: ۱۰۰ ریال





تخلیه چدن مذاب از دهانه کوره بلند

«ذوب آهن اصفهان»

# رشد آموزش شیمی

سال اول شماره ۳ و ۴ - بهار و تابستان ۱۳۶۴  
نشریه گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف

کتابهای درسی سازمان پژوهش

نشانی: خیابان ایرانشهر شمالی ساختمان شماره ۴ -

تلفن: ۸۳۲۰۲۱

سر دبیر: سیدرضا آقا پور مقدم

تولید: واحد مجلات رشد تختمی

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

## فهرست:

موضوع	صفحه
ابن سینا، حسین	۴
ارتباط پیوندهای شیمیایی با انحلال مواد در حلالها	۸
اطلاعات کلی پیرامون سلولهای الکتروشیمیایی	۱۶
کتابهای شیمی چگونه تألیف، تغییر و اصلاح می‌شوند؟	۲۶
الکیلیسیون فریدل - کرافتس	۳۳
تاریخچه و چگونگی کشف بعضی از عناصر و کاربرد آنها	۴۸
تکنیک ساختمان هضم کننده بیوگاز در مناطق روستایی	۵۴
پرش و پاسخ	۶۱
کار آزمایشگاهی	۷۰
ذرات بنیادی	۷۲
پرشهای مربوط به آزمایشهای انجام شده	۷۳
بخش ویژه دانش آموزان	۷۴
آشنایی با شرکت ملی فولاد ایران	۷۶
دنباله پرشهای شیمی (امتحان گزینش)	۹۲
آشنایی با کتب و مجلات شیمی	۹۶
فهرست مقالات شماره‌های ۱ و ۲ بنزبان فارسی ۳ و ۴	۹۷
بدانگلیسی	

## پیشگفتار

ایحسب الانسان ان یترك سدی  
«فران کریم، سوره قیامت آیه ۳۶»

افزایش معرفت انسان با افزایش مجهولات او، نسبت مستقیم دارد به عبارتی دیگر هر قدر انسان تاریکیهای جهان را شکافته و پرده‌های جهل را به کنار می‌زند، به سرزمینهای نوری می‌رسد و افق مجهولاتش گسترده می‌شود، هر چند که سوییها می‌شکافند، آنچنان در برابر مجهولات جدید حیران می‌مانند که گویا یک موی نمی‌داند، اگر از یک فرد عامی بخواهیم که فهرستی از آنچه را که نمی‌داند تهیه کند، شاید به سختی بتواند یک صفحه را پر کند ولی اگر از یک دانشمند بخواهیم این کار را انجام دهد، او اگر کتابهای متعددی نیز در این رابطه به رشته تحریر درآورد، باز، به نهایت فهرست مجهولات خویش نخواهد رسید.

این نکته خود حاکی از حکمت بالغه ای است که نظام این جهان، حکومت می‌کند. حکمتی که در دل هر ذره‌ای، جهانی از نور، و در دل آن جهان، عوالمی پراسرار نهاده است. این نکته شاید برای دانشمندان علم شیمی، بیشتر از هر کسی دیگر ملموس باشد، زیرا آنان دل هر ذره‌ای که می‌شکافند، جهانی پر عظمت و نظمی شکفت آور در آن، می‌بینند، نظمی که ناظمی حکیم و علیم بر آن حکومت می‌کند، آنچه که بر سلسله عناصر حاکم است، آنچه که بر ساختمان اتم حکومت می‌کند، اسراری که در ساختمان مولکولها وجود دارد، همگی حکایت از حکیمی می‌کنند که خالق این همه عجایب و اسرار است. افی الله شک فاطر السموات والارض.

این اسرار را وقتی دانشمند می‌بیند، با دیده بصیر خود همه را هماهنگ و همنا و در یک وحدت و توحید بی‌نظیر با آنچه که ادیان منادی آن بوده‌اند، می‌یابد. ادیبانی که پیوسته انسان را به توحید خوانده‌اند، توحیدی که بر جهان حاکم است. «دونالد رابرت کار» (Carr) متخصص ژئوشیمی (زمین‌شیمی)، این بینش خود را چنین توصیف می‌کند در مطالعه ژئوشیمی، دونکته مهم، توجه مرا جلب می‌کند. این دو نکته یکی تعیین لحظه ایجاد و دومی قانون اتحاد شکل پدیده‌هاست که هر دو کاملاً با فلسفه ادیان مطابقت دارند. مطالعه ژئوشیمی، شخص را وامی‌دارد که جهان را با نظر گسترده‌تری بنگرد.

دانشمندی که از هواهای نفسانی خویش رها گشته، جهان را آنگونه‌ای که هست می‌بیند، به ناچار خود را بنده‌ای ضعیف در مقابل خالق جهان می‌یابد. او در این مقام خود را مطیع اوامر الهی دیده، اسوه‌ی می‌شود فراسوی انسانها.



# ابن سینا، حسین

## فیلسوف و پزشک جهان اسلام

۴۲۸-۵۳۷ هـ، ق



از گفته‌های اوست:

\* طبق قانون، نافرمانی خدا مستوجب کیفر است، کیفر مانع لغزش است و سودمندی کیفر در آن است که فاعل را از ارتکاب فساد بیشتر باز می‌دارد.

«پیامبران از آن جهت

واجب اطاعت‌اند که عقل کلند.»

\* پزشکی پیشگیری، مقدم بر پزشکی درمانی است.

۱۰۳۷-۹۸۰ هـ

سیدرضا آقا پور مقدم

(ابن سینا فیلسوف، پزشک و داروشناس بزرگ ایرانی به شیخ الرئیس مشهور است) نامش در زبانهای فرانسوی و انگلیسی به ترتیب Avicenna و Avicenne آمده است.

(در «خرمیش» (Kharmaithen) در نزدیکی شهر بخارا<sup>۱</sup> در خانواده‌ای دانش پرور زاده شد) پدرش عبدالله... مردی دانشمند و با تقوی بود و اداره‌املاک «بخارا» را به عهده داشت و از مباشران امیر به شمار می‌رفت. پدرش آرزو داشت فرزندی که خداوند به او می‌دهد در شمار دانشمندان در آید این خواسته در پیشگاه خداوند پذیرفته شد و به آرزویش رسید، زیرا ابن سینا بعدها در شمار پزشکان و فیلسوفان بزرگ و نامدار جهان در آمد.

شناسایی موقعیت علمی ابن سینا از موضوعهایی است که مدتها تذکره نویسان، پژوهشگران و پزشکان جهان را مشغول کرده است. شرح حال و مقام وی در پزشکی در این

مختصر نمی‌گنجد، فقط برای یاد آوری، بخشی از کارهایش به اختصار در این مقاله آمده است.

پدرش از خرمیش به بخارا منتقل شد. وی هنگامی که در زادگاهش بود، پدر و مادرش سرپرستی وی را به عهده داشتند. بپید به نظر می‌رسد که ابن سینا به مکتب نرفته باشد؛ زیرا پدرش با این که عشق وافر داشت که استعداد پسر بزرگش را بیوراند و او را به فراگیری علوم وادارد، نمی‌توانست همه اوقات خود را به وی اختصاص دهد. زیرا کارهای مباشرت املاک امیر بخارا، ناگزیر بخشی از اوقات او را می‌گرفت. اما در تاریخ نیامده است که او به کدام مکتب خانه می‌رفت و مکتب‌دانش که بود. چون در گذشته مکتب‌خانه را به نام مکتب‌دار می‌شناختند. وی اگر به مکتب هم می‌رفت بدون شک پدرش به تحصیل او کمک می‌کرد. وی در ده سالگی همه قرآن کریم را از حفظ بود.

برخی نوشته‌اند که معلم اول وی، مردی بود به نام محمود مساح که پیشه بقالی داشت

ولی در علم حساب متبحر بود و آنچه می‌دانست در اختیار همگان قرار می‌داد. ابن سینا در شرح حال خود چنین می‌نویسد: «من به پزشکی روی آوردم و به خواندن کتابهای پزشکی عشق می‌ورزیدم و در کمترین زمان به آن دست یافتم، تاجایی که پزشکان زبردست و کاردان نزد من به فراگیری پزشکی پرداختند. به مداوای بیماران هم مشغول شدم و بر اثر تجربه‌های به دست آمده، چنان دروازه‌های مداوا در برابر من گشوده شده بود که توصیف ناپذیر است.

با این احوال من فقه را هم آموختم و در گفت و شنودها شرکت می‌کردم. آن هنگام ۱۶ سال بیش نداشتم و یک سال و نیم دیگر هم دانش افزودم. منطق و همه بخشهای فلسفه را فرا گرفتم، طی این مدت من هیچ شئی را تا صبحگاه نخوابیدم و روزها جز به دانش‌افزایی به کاری نپرداختم و وقت خویش را بیهوده تلف نکردم و کجراهی را برنگزیدم. هنگامی که خوابهای کوتاه مدت بر من چیره می‌گشت در خواب درست

۱- بخارا اکنون یکی از شهرهای اتحاد جماهیر شوروی و در جمهوری ازبکستان قرار دارد.

همان مسائلی را که در بیداری مرا رنج می‌داد، می‌دیدم از این رو حقیقت ماهیت بسیاری از پرسشها و مسائل برای من در خواب روشن می‌شد به همین روش آن اندازه عمل کردم تا در همه علوم تحکیم یافتم و آنها را تا مرز استعداد انسانی کسب کردم».

ابن سینا گرچه پزشک کاردانی بود و از لحاظ همبستگی پزشکی با دارو، نمی‌توانست نسبت به علم شیمی نا آنجا که به تهیه دارو مربوط بوده (شیمی دارویی) بی‌اعتنا بماند. از این رو در کتاب شفا به شدت از عمل کیمیا انتقاد کرده و صریحاً تبدیل فلز به فلز دیگر را ناممکن و غیر عملی می‌داند به همین دلیل رنجی برای کیمیاگری و ساختن طلا نکشید. با وجود این آثاری چند در کیمیا به وی نسبت می‌دهند که عبارتند از:

۱- الاکیر یا امر منور الصنعه که با این عبارت آغاز می‌شود. رساله الشیخ الرئیس الاجل... الی الشیخ ابی الحسن سهل بن محمد السهلی فی امر مستور الصنعه. این رساله در هفت فصل و شامل رساله‌های اساسی کیمیاست.

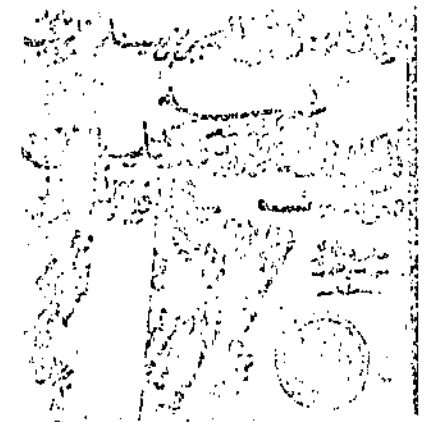
نسخه‌های متعدد آن در کتابخانه آصفیه و استامبول موجود است و ترجمه‌ای به فارسی به شماره ۱۹۵۴/۶ در کتابخانه بادلیان وجود دارد.

۲- الدر المکنون و الجوهر المصون، رساله فی صناعت العالمیه و... وی در کتاب شفا فصلی در تکسوین معدنیات دارد که در آن فصل شرحی درباره ابطال کیمیا نوشته است. در این بخش از کتاب شفا که درباره معدنی‌گفتگو می‌کند از آن جهت که جالب توجه است در سال ۶۰۰ ه. ق توسط آلفرد سارشل به لاتین ترجمه شد که در قرون وسطی و دوره رنسانس علمی تأثیر بسزایی در اذهان داشت. در این اثر ابن سینا از کان‌شناسی، شیمی به ویژه شیمی دارویی و زمین‌شناسی مطالبی آورده است. گرچه به صورت قطعی امکان تبدیل فلزی به فلز دیگر را طرد کرده است و در عین حال

نظریه جهان‌شناسی وابسته به کیمیا را پذیرفته است وی همچنین معدنیات را به سنگها، مواد مذاب، سولفیدها و نمکها تقسیم کرده و به بحث درباره هر کدام پرداخته است.

کتاب معروف وی در طب، «قانون» است که مدتها کتاب درسی رشته پزشکی در مراکز علمی جهان بوده و به اغلب زبانهای دنیا ترجمه شده است. آن چنان که در دائره المعارف بریتانیکا آمده است، در حدود ۵۰۰ سال در دانشگاههای اروپا تدریس شده و در مدت دو قرن ۳۶ بار تجدید چاپ شده است. ترجمه لاتین آن چندین باره چاپ رسیده و متن عربی آن نزدیک به بیش از ۵۰ سال پیش در کشور ما هم تدریس می‌شده است. کتاب قانون دارای پنج بخش به ترتیب زیر است:

۱- کلیات؛ ۲- ادویه مفرده؛ ۳- امراض مخصوص اعضا؛ ۴- امراض عمومی بدن؛ ۵- ادویه مرکب؛ از کتاب قانون، کتاب دوم و پنجم به طور کامل به مسائل داروشناسی اختصاص دارد. در کتاب دوم او فقط درباره ادویه مفرده سخن به میان آورد و در کتاب پنجم به ادویه مرکب پرداخته است. به همین علت این دو کتاب در تاریخ علم شیمی اهمیت بیشتری دارد.



صفحه‌ای از ادویه مفرده کتاب قانون ابن سینا  
ابن سینا از ادویه مفرده ۷۸۵ قلم دارو را به ترتیب حروف ابجد نام برده و به ذکر ماهیت آنها پرداخته و خواص و تأثیر آن داروها را نوشته است. وی ضمن توصیف این مواد، آگاهیهای جالبی درباره

شیمی کانی به خوانندگان می‌دهد و می‌گوید که از ترکیب گوگرد و جیوه می‌توان شنگرف (سینابر، شنجرف، Cinnabar) به فرمول مولکولی HgS با نام شیمیایی سولفید جیوه (II) تهیه کرد از این ماده ممکن است جیوه هم به دست آورد. در کتاب اول قانون، برخی آگاهیها درباره روش آزمایش مواد آمده است و در آن شرح جالبی درباره اصول پالایش آب دارد که پس از مدتی در سطح گسترده‌تری در شیمی کاربردی از آن بهره‌گیری شد. در کتابهای گوناگون آمده است که هیچ یک از دانشمندان پیش از وی در این زمینه سخنی نگفته و مطلبی ننوشته‌اند.

ابن سینا مواد شیمیایی را مبتکرانه تراز رازی تقسیم‌بندی کرده است. مثلاً رازی «زاجها» را در دسته جداگانه به‌شمار آورده ولی ابن سینا آن را جزو ارواح به‌شمار آورده است. به‌غیر از آن، رازی نیز در تقسیم‌بندی مواد، جیوه را از ارواح می‌دانست ولی ابن سینا جیوه را به اجساد فلزها منسوب می‌دانست.

تفاوت بارزی که در تقسیم‌بندی رازی و ابن سینا وجود دارد، آن است که وی نشادر (کلرید آمونیم NH<sub>4</sub>Cl) را جزو نمکها به حساب می‌آورد. در همان زمان که تقریباً در همه تقسیم‌بندیهای دیگر، نشادر جزو ارواح به‌شمار می‌آمد، در کتاب قانون آمده است که «زرونقره در اثر نیروهای آسمانی به وجود آمده است و نیروی انسانی نمی‌تواند آنها را بسازد» ابن سینا در بحث تکوین فلزها، تقریباً عقیده جابرین حیان را پذیرفت؛ این بدین معنی نیست که وی دنباله‌رو کیمیاگران است، زیرا او اصول عقاید کیمیاگران آن دوره را در این زمینه رد کرده است. ابن سینا راجع به سنگها و تشکیل آنها و منشاء آسمانی سنگها نظریه‌ای دارد و مشاهده شخصی خویش را نوشته است که «در خوارزم برای تحلیل و ذوب آسمان سنگی کوشیدم و نتیجه‌ای که به دست آوردم خاکستر و چیزی مانند فلز مذاب بوده است.»

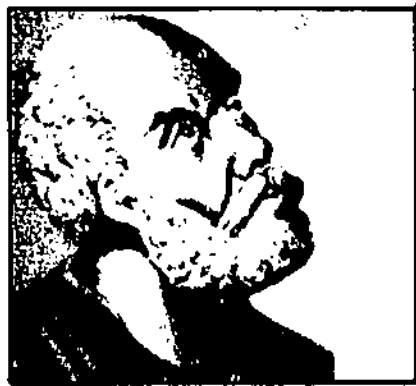
۱۴ جلد، کتاب الانصاف در ۲۵ جلد، کتاب  
اللسان العرب در ۱۵ جلد، الموجز الصغیر  
فی المنطق و...

آورده اند که وی به ادبیات علاقه  
و افری داشت و گاهی به سرودن شعر به  
زبانهای عربی و فارسی می پرداخت. نمونه  
زیسر، شعری است در نعت مولای متقیان  
حضرت علی (ع) سروده است:  
تا باده عشق در قدح ریخته اند  
و اندر پی عشق، عاشق انگیزته اند

باجان و روان بوعلی مهر علی  
چون شیر و شکر به هم آمیخته اند  
و در مورد اسرار جهان هستی گفته است:  
دل گرچه در این بادیه بسیار شناخت  
یک موی ندانست ولی موی شکافت  
اندر دل من هزار خورشید بنافت  
آخر به کمال ذره ای راه نیافت  
از گفته های اوست:

— پیامبران از آن جهت واجب الطاعه اند  
که عقل کلند.

— حضرت امام علی (ع) در میان انسانها  
چون پندیده ای معقول بود، درمیان  
محسوسها.  
— آن کس که عادت کرده بدون دلیل،  
هر چه به او گفته می شود پذیرد، از فطرت



انسانی به دور است و نمی توان نام انسان  
بر او نهاد.

— هر چه به نظر عجیب و غریب آمد، صرف  
این که عجیب است انکار نکن، مگر آن که  
برهان علمی قاطعی در کار باشد.

— انسان هر وقتی از پیش آمد آتیه، در باره  
خود اندیشید و از آن بیم و هراس در



در این کتیبه، ابن سینا به طور سمبلیک بین دو پزشک عصر باستان یعنی جالینوس و  
بقراط با کتابهایشان نشان داده شده است. ابن سینا در «قانون» طب بایک میلیون کلمه،  
تمام شناخت طبیعی عصر خود را ارائه داده است.

در عصر ما است.  
او تجویز چند دارو را با هم صلاح  
نمی دانست و تجویز داروی مفرد را  
ترجیح می داد. زیرا معتقد بود که داروهای  
مختلط برای مداوای بیمارها نادرست  
است و تجویز داروهای مفرد را درست  
می دانست.

(او نخستین کسی بود که خواص شیمیایی  
الکل و اسید سولفوریک را از نظر کاربرد  
دارویی شرح داد.)

معاصران سینا گواهی می دهند که سرعت  
اندیشه و کار و بایرداری او بسیار چشمگیر  
بود، او سراسر زندگی را به تألیف آثار و  
کتابهای خود و در کار و فعالیت و تلاش  
به سر برد و همواره در احاطه شاگردانش  
قرار داشت و کنجکاوانه در دها و ناراحتیهای  
بیماران را بررسی و با مهربانی آنان را  
مداوا می کرد. از این رو به شهرت رسید  
و در همه جا به ویژه در اروپای غربی بلند  
آوازه شد. با وجود کار فراوان، زیاد سفر  
می کرد.

ابوعبید جوزجانی مهمترین کتابهای  
ابن سینا را به شرح زیر بیان می کند. کتاب  
الشفاه در فلسفه ۱۸ جلد، قانون در طب در

ابن سینا به عنوان پزشک، روشهای خود را  
بر پایه روش جالینوس (Galen) و  
پزشکان یونانی دیگری که کارهایشان توسط  
حنین بن اسحاق ترجمه شده بود، بنا نهاد.  
حنین بن اسحاق، مترجمی پرکار و پزشکی  
کاردان و مشهور بود و از زبان یونانی به  
عربی، درست و با امانت ترجمه می کرد.

ابن سینا گیاهان دارویی جدیدی را  
معرفی کرد و از خواص گندزدایی الکل بهره  
گرفت و آبهای معدنی را به مقیاس گسترده.  
تری به کار برد. او پیشنهاد کرد که آزمایشهای  
بر روی جانوران انجام گیرد، هر چند که  
مدرکمی در دست نیست که نشان دهد وی  
به چه آزمایشهایی دست زده است. او تشخیص  
خود را بر مبنای ۴۵ نوع ضرابان گوناگون  
اعلام داشت و ثابت کرد که ادرار بیماران  
قند، شیرین است.

ابن سینا در درمان بیمارها با رژیمهای  
غذایی و پرهیز اعتقاد زیادی داشت و تا  
آنجا که ممکن بود به بیماران گوسوزد  
می کرد که از مصرف داروها پرهیزند  
برای بیماران مبتلا به اسهال، خوردن آب  
پنیر و پنیربز را توصیه کرده است که شیه  
تجویز اسیدلاکتیک و شیر خشکهای لاکته



آرامگاه هدید



آرامگاه قدیمی



پزشکی شرق و غرب تدریس می‌شد. در سال ۱۹۸۵ میلادی برابر ۲۷ دیماه ۱۳۵۹ هجری شمسی به مدت هفت روز مراسم ویژه‌ای برای هزاره ابن‌سینا در ایران در تالار رودکی برپا شد و سال ۱۹۸۵ از سوی یونسکو، سال هزاره بوعلی سینا لقب گرفت. از این رو در بسیاری از نقاط جهان مانند تاشکند، پاریس و... به مناسبت هزاره

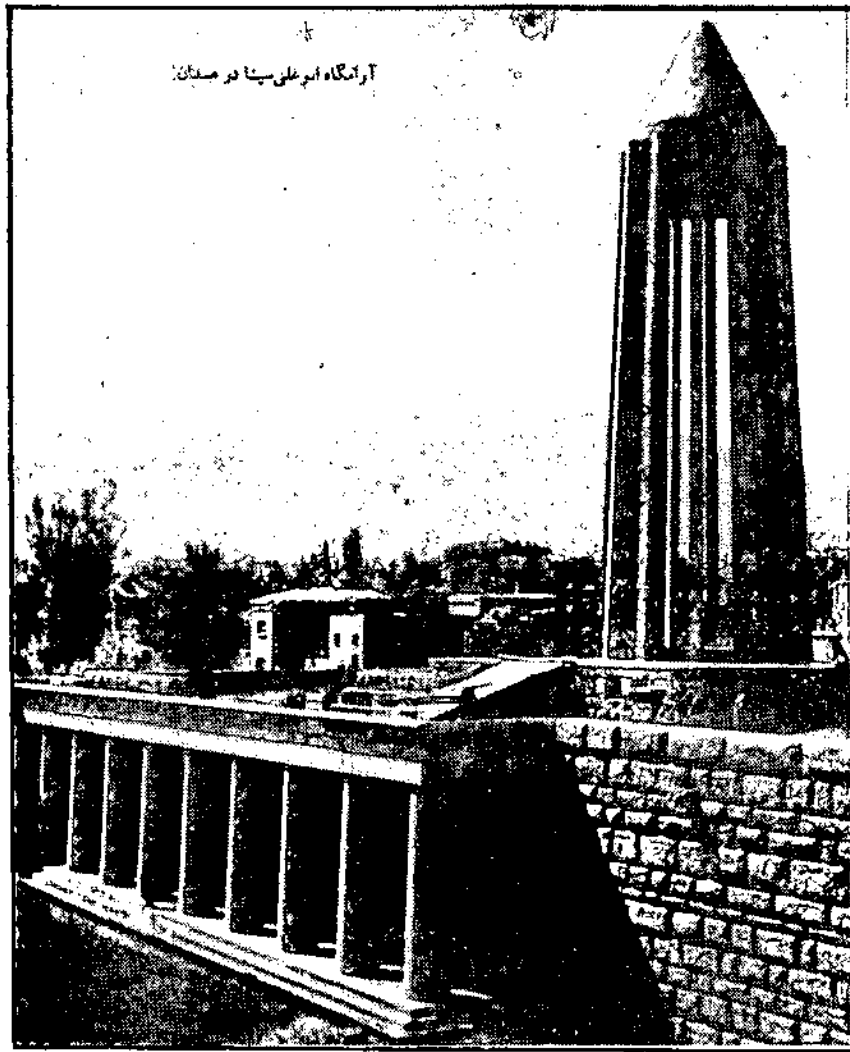
از نوشته‌ها و کلام ابن‌سینا چنین برمی‌آید که بیشتر تحت تأثیر کلام و اندیشه‌های جابر بن حیان قرار داشته است. بدون شك ابن‌سینا، پژوهشگری بزرگ و نویسنده‌ای پربار بود. اندیشمندی بی‌همتا که بیش از ۴۵۰ جلد کتاب و اثر علمی از خود به جای گذاشت و پاره‌ای از کتابهایش به مدت هفت سده در همه دانشگاه‌های

خاطرش نشانی آن خطر زودتر اوراد نبال می‌کند.

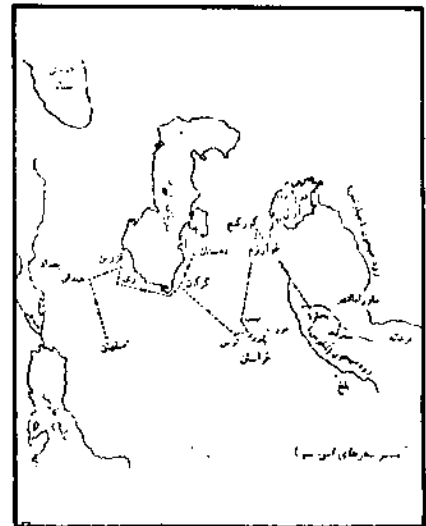
پزشکی پیشگیری، مقدم بر پزشکی درمانی است.

طبق قانون، نافرمانی خدا مستوجب کیفر است، کیفر مانع لغزش است و سودمندی کیفر در آن است که گناهکار را از فساد بیشتر باز می‌دارد به علاوه انسان یا باید در بند قانون و یا در بند خرد باشد. برای نگهداری نظم کامل در جهان، پیروی از یکی از این دو ضروری است.

اگر انسان از این دو بند آزاد باشد به فسادگرایش می‌یابد و به راه لغزش و خطا کشانده می‌شود و نظم جهان آسیب می‌بیند.



آرامگاه ابوعلی سینا در همدان



ارتباط انسان با جانداران برخورد استوار است و هر سخن‌گفتن ناشی از خرد است، بدون خرد، انسان در شرح حقیقت ناتوان است. کار فرد، پرداختن هنر و زیبایی است.

# ارتباط پیوندهای شیمیایی با انحلال مواد در حلالها

«این مقاله در ارتباط با کتاب شیمی  
کلاس سوم دبیرستان تهیه شده است.»

## مقدمه

پیش بینی دقیق چگونگی انحلال مواد و مقایسهٔ حلالیت آنها در حلالها، به ویژه حلالیت جامدات یونی در آب، نسبتاً دشوار و پیچیده است (زیرا، با وجودی که بررسیهای زیادی تاکنون در این زمینه صورت گرفته است، ولی هنوز تمام عوامل مؤثر و یا چگونگی تأثیر آنها به ویژه در مورد حلالیت جامدات یونی در حلالهای قطبی نظیر آب به طور کامل شناخته نشده است. ولی در هر حال، همان طور که در این بحث خواهد آمد، این عوامل و تأثیر آنها در انحلال مواد، به حد کافی روشن شده است.)

همان طوری که می دانید برای اینکه ماده ای (مثلاً ماده B) در مادهٔ دیگر (مثلاً ماده A) حل شود، از یک طرف باید پیوند بین ذرات ماده حل شونده (پیوندهای B-B) و نیز پیوند بین ذرات ماده حل کننده (یعنی پیوندهای A-A) گسسته شود و از طرف دیگر بین ذرات ماده حل شونده و ماده حل کننده پیوند به وجود آید (یعنی پیوندهای A-B). به طور کلی، هر چه پیوندهای بین ذره ای (یا مولکولی) A-B از پیوندهای بین ذره ای A-A و B-B بیشتر باشد، ماده B در ماده A بهتر حل می شود و برعکس، هر چه پیوند A-B، از پیوندهای A-A و B-B ضعیفتر باشد، تمایل حل شدن ماده B در ماده A کمتر خواهد بود.

قابل توجه است که هر چه انرژی پیوندهای بین مولکولی A-A، B-B و A-B به یکدیگر نزدیکتر باشد، به عبارت دیگر هر چه نوع پیوند و انرژی آنها در مواد A و B شباهت و نزدیکی بیشتری داشته باشد، امکان اختلاط و انحلال دو ماده A و B در یکدیگر بیشتر است. این موضوع را دانشمندان در زمانهای گذشته هم دریافته بودند و معتقد شده بودند که مواد مشابه در یکدیگر بهتر حل می شوند. جمله معروف: Like disolves like» بیان همین واقعیت است.

در اینجا، به منظور آسان تر شدن کاربرد بررسی پدیده انحلال مواد، آنرا در سه حالت به شرح زیر مورد بررسی قرار می دهیم:

حالت اول: انحلال مواد غیر قطبی (مثلاً دی سولفید کربن) در حلالهای غیر قطبی (مانند تراکلرید کربن).

حالت دوم: انحلال مواد قطبی (مثلاً کلروفرم) در حلالهای قطبی (مانند استن).

حالت سوم: انحلال جامدات یونی (مثلاً کلرید سدیم) در حلالهای قطبی (مانند آب).

دکتر محمدرضا ملاردی

استاد

شیمی معدنی دانشکده علوم  
دانشگاه تربیت معلم تهران  
و از مؤلفان کتابهای شیمی  
وزارت آموزش و پرورش



## حالت اول - انحلال مواد غیر قطبی در حلالهای غیر قطبی

در این حالت چون نیروهای پیوندی، چه نیروهایی که بین مولکولهای غیر قطبی ماده حل شونده است و چه نیروهایی که بین مولکولهای غیر قطبی ماده حل کننده وجود دارد همگی از نوع نیروهای بسیار ضعیف و اندروالسی (نیروهای دیسپرسیون لاندن<sup>۱</sup>) و کاملاً نزدیک به هم و در حدود نیروهای جاذبه لازم برای پیوند بین مولکولهای غیر قطبی ماده حل شونده و ماده حلال هستند، این مواد به خوبی در یکدیگر حل و به هر نسبتی با هم مخلوط می شوند. و انحلال آنها با تبادل انرژی قابل توجه و محسوسی همراه نیست ( $\Delta H \approx 0$ ) و محلول حاصل محلول ایدآل نامیده می شود. (یعنی کاملاً از قانون راولن پیروی می کند) مانند محلول غالب تیدروکربنها در یکدیگر و یا محلول دی سولفیدکربن در تتراکلریدکربن.

باید توجه داشت که در دمای ثابت، مهمترین عامل مؤثر بر انحلال این مواد در یکدیگر، عامل آنتروپی (یعنی افزایش درجه بی نظمی ذرات) است. تغییرات انرژی آزادگیس در مورد انحلال مواد در این حالت، بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

چون همان طور که قبلاً اشاره شد، در این حالت  $\Delta H \approx 0$  است، داریم:

$$\Delta G = -T\Delta S \quad (2)$$

یعنی در دمای ثابت  $\Delta G$  انحلال منحصرأ به تغییرات آنتروپی انحلال ( $\Delta S$ ) بستگی دارد. در مواردی که دو ماده غیر قطبی به نسبت مولی برابر در یکدیگر حل می شوند، مقدار  $\Delta G$  در دمای ثابت  $27^\circ\text{C}$  برابر  $0.534$  - کیلوکالری بر مول به دست می آید. یعنی همان طور که قبلاً اشاره شد  $\Delta G < 0$  بوده و عمل انحلال دو ماده در یکدیگر خود به خودی است. ولی چون مقدار  $\Delta G$  فوق العاده ناچیز است، عمل انحلال با تبادل انرژی محسوسی همراه نیست.

### توجه ۱

اگر در مواردی ماده غیر قطبی حل شونده، حالت جامد داشته باشد (مانند یخ، نفتالین و...) چون نیروی جاذبه بین مولکولی در حالت جامد نسبت به حالت مایع بیشتر است، انرژی بیشتری برای تفکیک ذرات جامد لازم است. از اینرو عمل انحلال در این موارد، گرماگیر است. مقدار گرمای لازم به ازاء انحلال هر مول ماده جامد غیر قطبی در حلال غیر قطبی تقریباً برابر گرمای لازم برای ذوب یک مول از آن جامد است.

۱ - به صفحه ۱۴ شماره اول مجله رجوع شود.

## حالت دوم - انحلال مواد قطبی در حلالهای قطبی

در این حالت نیروهای جاذبه بین مولکولهای ماده حل شونده (پیوندهای B-B) و نیروهای جاذبه بین مولکولهای حلال (پیوندهای A-A) که ضمن فرآیند انحلال باید گسسته شوند، از نوع نیروهای جاذبه الکتروستاتیکی دو قطبی - دو قطبی است که نسبت به نیروهای دیسپرسیون لاندن (در حالت اول) قویتر است. و نیروهای جاذبه ای که بین مولکولهای ماده حل شونده و حلال به وجود می آید (پیوندهای A-B) از همین نوع است. معمولاً در این حالت، مقدار انرژی لازم برای گسسته شدن پیوندهای A-A و B-B با مقدار انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای A-B برابر نیستند. از اینرو، انحلال مواد قطبی در حلالهای قطبی با جذب و یا آزاد کردن مقداری گرما همراه است. (یعنی فرآیند انحلال گرماگیر و یا گرمازا است.

مثلاً در مورد انحلال کلروفرم در استن داریم:

$$2E_{(A-B)} > D_{(A-A)} + D_{(B-B)} \quad (3)$$

(E علامت انرژی پیوندی و D علامت انرژی تفکیک پیوند است.)

پس محتوای انرژی محلول از محتوای انرژی مواد حل شونده و حلال کمتر و در نتیجه  $\Delta H$  انحلال کوچکتر از صفر است و فرآیند انحلال این دو ماده در یکدیگر، فرآیندی گرمازا است.

در مورد انحلال متیل الکل در آب داریم:

$$2E_{(A-B)} < D_{(A-A)} + D_{(B-B)} \quad (4)$$

پس محتوای انرژی محلول از محتوای انرژی مواد حل شونده و حلال بیشتر و در نتیجه  $\Delta H$  انحلال بزرگتر از صفر است و فرآیند انحلال این دو ماده در یکدیگر، فرآیندی گرماگیر است.

### توجه ۲

۱ - محلولهایی نظیر محلول کلروفرم در استن و یا محلول متانل در آب را که تهیه آنها با تغییرات انرژی قابل توجهی همراه است، محلولهای حقیقی (در مقابل محلولهای ایدآل) می نامند که از قانون راولن پیروی نمی کنند.

### توجه ۳

در مواردی که ماده حل شونده و ماده حل کننده می توانند با یکدیگر پیوند تیدروژنی تشکیل دهند، مقدار انرژی پیوندهای A-B به شدت افزایش و محتوای انرژی محلول، کاهش می یابد، در نتیجه تمایل انحلال دو ماده در یکدیگر افزایش می یابد. به طوری که دو ماده به هر نسبتی در یکدیگر حل می شوند (یا با یکدیگر مخلوط می شوند. مانند آب و الکل).

از آنجایی که براساس نظریه جنبشی گازها، بین مولکولهای گازها نیروهای جاذبه (یا تأثیر متقابل) وجود ندارد، به عبارت دیگر مولکولهای گازها به خودی خود از یکدیگر قابل تفکیک هستند ( $D(B-B) = 0$  است)، از اینرو، فرآیند انحلال گازها در حلالهای قطبی، فرآیندی گرم است.

در مورد انحلال گازهای نظیر کلرید تیدروژن (HCl) که فرآیند انحلال آنها در آب، با تفکیک یونی تمامی یا تعدادی از مولکولهای گاز همراه است، چون تفکیک یونی با جذب مقداری انرژی صورت می گیرد، در نتیجه باید انتظار داشت که در این موارد، فرآیند انحلال گرماگیر باشد. ولی به علت اینکه یونهای حاصل با تعدادی از مولکولهای آب پیوند برقرار می کنند (تیدراتاسیون یونها) و این عمل مقدار کافی انرژی آزاد می کند، از اینرو، در مجموع، فرآیند انحلال در این موارد نیز، گرم است و خود به خود پیشرفت می کند.

### یادآوری

چون در مورد انحلال گازها در مایعات بی نظمی کاهش می یابد، اگر بخواهیم براساس عامل بی نظمی ( $\Delta S$ ) تفاوت کنیم، قاعدتاً گازها نباید به خوبی در مایعات حل شوند. ولی در این مورد، عامل انرژی ( $\Delta H$ ) نقش اصلی را دارد و با توجه به رابطه ۱، مقدار  $\Delta G$  کوچکتر از صفر و فرآیند انحلال گرم است و خود به خود پیشرفت می کند.

### چرا مواد غیر قطبی معمولاً در حلالهای قطبی به ویژه در آب حل نمی شوند؟

همانطور که می دانیم، نیروهای جاذبه بین مولکولهای مواد غیر قطبی از نوع نیروهای ضعیف دیسپرسیون لاندن است. از اینرو مولکولهای آنها به سهولت و با صرف انرژی ناچیزی از یکدیگر جدا می شوند. ولی نیروهای جاذبه بین مولکولهای حلال قطبی نسبتاً قوی و در مورد آب، عمدتاً از نوع پیوند تیدروژنی است. در نتیجه برای تفکیک مولکولها از یکدیگر انرژی نسبتاً زیادی لازم است.

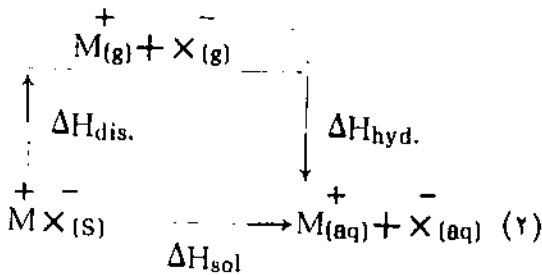
از طرفی می دانیم که مولکولهای ماده غیر قطبی می تواند تحت تأثیر مولکول قطبی حلال، دارای خصلت قطبیت القایی شود. در این صورت انتظار می رود که بین مولکولهای ماده غیر قطبی و مولکولهای حلال نیروهای جاذبه ای از نوع «جاذبه الکتروستاتیکی دو قطبی - دو قطبی القایی» به وجود آید که اصولاً از نیروهای جاذبه بین مولکولهای ماده غیر قطبی، قویتر است. پس ظاهراً باید انتظار داشت که مواد غیر قطبی در مواد قطبی حل شوند. البته هر چه قطبیت پذیری مولکولهای ماده غیر قطبی بیشتر باشد، امکان انحلال آن تا حدی وجود

دارد. مثلاً به همین علت است که پدویانفت به مقدار کمی در آب حل می شوند. ولی به طور کلی، تمایل برقراری پیوند بین مولکولهای حلال به مراتب کمتر از تمایل برقراری پیوند بین مولکولهای حلال با خودشان است. به طوری که حتی افزایش بی نظمی ذرات نمی تواند بر نیروهای پیوندی نسبتاً قوی بین مولکولهای حلال غلبه کند، در نتیجه ماده غیر قطبی در ماده قطبی به طور محسوسی حل نمی شود.

البته می توان اینطور تصور کرد که در واقع مولکولهای ماده غیر قطبی به لحاظ خصلت قطبیت پذیری، به برقراری پیوند یا مولکولهای قطبی حلال تمایل نشان می دهد. ولی مولکولهای حلال ترجیح می دهند که با خودشان پیوند داشته باشند، از اینرو مولکولهای ماده غیر قطبی را از خود می رانند مانند بنزین و آب.

### حالت سوم - انحلال جامدات یونی در آب

بررسی فرآیند انحلال جامدات یونی در آب، دشوارتر از دو حالت قبل است. فرآیند انحلال را در این حالت می توان به صورت «چرخه بورن - هابر»<sup>۱</sup> در نظر گرفت. مثلاً برای جامدات یونی (مانند NaCl)، داریم:



بر اساس قانون هس می توان نوشت:

$$\Delta H_{sol} = \Delta H_{dis} + \Delta H_{hyd} \quad (5)$$

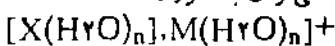
$\Delta H_{sol}$  گرمای انحلال،  $\Delta H_{dis}$  گرمای لازم برای تفکیک

یونها از شبکه بلور جامد یونی (که برابر انرژی شبکه بلور با علامت مثبت است ( $\Delta H_{hyd} = -U_0$ )) و  $\Delta H_{hyd}$  انرژی حاصل از تیدراته شدن کاتیونها و آنیونها در آب (گرمای تیدراتاسیون یونها) است.

مقدار  $\Delta H_{dis}$  به نوع سیستم شبکه بلور به ویژه به ماهیت یونها بستگی دارد. یعنی هر چه شعاع یونها کوچکتر، فاصله بین آنیون و کاتیون در شبکه بلور کوتاهتر و بار کاتیون و آنیون بیشتر باشد، انرژی شبکه جامد بلوری بیشتر بوده و برای تفکیک

۱ - Cycle Born Haber نوشت.

۲ -  $M(aq)$  و  $X(aq)$  را می توان به صورت:



یونها از شبکه بلور، گرمای بیشتری لازم است.

در مورد مقدار  $\Delta H_{hyd}$  یونها نیز دو عامل نقش اساسی دارد. یکی از این عوامل قطبیت حلال است که هر چه بیشتر باشد، نیروهای جاذبه «دوقطبی - یون» بین مولکولهای حلال و یونها افزایش می‌یابد و در نتیجه گرمای حاصل از عمل نیدراتاسیون یونها، زیادتر می‌شود. عامل دیگر همان ماهیت یونها، یعنی طول شعاع یونها و بار الکتریکی آنهاست. هر چه طول شعاع یونها کوتاهتر و بار الکتریکی آنها بیشتر باشد، مقدار نیروهای جاذبه «دوقطبی - یون» بین مولکولهای حلال و یونها بیشتر شده و مقدار گرمای نیدراتاسیون یونها در حلال افزایش می‌یابد.

وضعیت انحلال	$\Delta H_{sol}^{\circ}$ (kcal /mole)	$\Delta H^{\circ}$ kcal /mole	$\Delta H^{\circ}$ dis (Kcal /mole)	جامد یونی
کم محلول	+۱	-۲۴۰	+۲۲۱	فلوئورید لیتیم
محلول و گرمای	-۹	-۲۰۷	+۱۹۸	کلرید لیتیم
محلول و گرمای	-۱۵	-۱۹۰	+۱۷۵	یدید لیتیم
محلول و گرمای	-۴	-۱۹۶	+۱۹۲	فلوئورید پتاسیم
محلول و گرمای	+۲	-۱۶۲	+۱۶۷	کلرید پتاسیم
محلول و گرمای	+۵	-۱۵۱	+۱۵۶	یدید پتاسیم
نامحلول	+۱۶	-۶۰۸	+۶۲۲	فلوئورید کلسیم
محلول و گرمای	-۱۸	-۵۲۸	+۵۳۰	کلرید کلسیم
محلول و گرمای	-۲۵	-۵۱۷	+۲۹۲	یدید کلسیم
محلول و گرمای	-۵	-۲۲۲	+۲۱۸	فلوئورید نقره
غیر محلول	+۱۶	-۲۰۳	+۲۱۹	کلرید نقره
محلول و گرمای	-۷۷	-۱۳۸۰	+۱۳۰۳	کلرید آلومینیم

### تأثیر عامل بی‌نظمی در انحلال جامدات یونی در آب

همان‌طور که اشاره شد و جدول (۱) نیز نشان می‌دهد، در مواردی مانند کلرید پتاسیم و یا یدید پتاسیم که  $\Delta H_{sol} > 0$  است و قاعدتاً جامد یونی نباید به خوبی در آب حل شود و یا در آب حل نشود، با وجود این، فرآیند انحلال خود به خودی است و جامد یونی به خوبی در آب حل می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که نمی‌توان در تمام موارد تنها بر اساس مقایسه گرمای نیدراتاسیون با انرژی شبکه بلور، در مورد محلول بودن یا غیر محلول بودن جامد یونی، به درستی قضاوت کرد. حال این سؤال پیش می‌آید که چگونه می‌توان این مسئله را توجیه کرد؟ برای یافتن پاسخ، باید اثر عامل بی‌نظمی (آنتروپی) در فرآیند انحلال که نقش اساسی در حل شدن جامدات یونی در آب دارد، مورد توجه و بررسی قرار داد.

اصولاً یونها، فقط در شبکه بلور دارای جنبش نوسانی بوده و نسبت به حالت مایع یا محلول آزادی کمتر و نظم بیشتری دارند. از اینرو، بی‌نظمی یونها در فرآیند انحلال ( $\Delta S_{sol}$ ) افزایش می‌یابد است. حال، با توجه به اینکه هر سیستمی برای رسیدن به پایدارترین حالت ممکن تمایل دارد به بالاترین درجه بی‌نظمی ممکن نیز برسد، می‌توان به روشنی دریافت که عامل بی‌نظمی تأثیر اساسی در انحلال جامدات یونی در آب، دارد.

#### توجه

چون هر چه دما افزایش یابد از یک طرف یونها با سهولت بیشتری از شبکه جامد تفکیک می‌شوند و از طرف دیگر به علت افزایش مقدار انرژی جنبشی و سرعت حرکت یونها در محلول، درجه بی‌نظمی آنها نیز افزایش می‌یابد. از اینرو برای بررسی

#### توجه

همان‌طور که اشاره شد، با افزایش بار یونها و کاهش اندازه شعاع آنها، از یک طرف، مقدار انرژی لازم برای تفکیک یونها افزایش می‌یابد و از طرف دیگر انرژی بیشتری از نیدراتاسیون یونها، آزاد می‌شود. یعنی اثر  $\Delta H_{dis}$  و اثر  $\Delta H_{hyd}$  که در خلاف جهت یکدیگر در فرآیند انحلال دخالت دارند، با افزایش بار و کاهش شعاع یونها همزمان افزایش یافته و با یکدیگر رقابت می‌کنند. به عبارت دیگر، اندازه شعاع و بار یونها تأثیر تشکیل دهنده جامد یونی نمی‌تواند نقش اساسی در حلالیت آن داشته باشد. از اینرو، میزان حلالیت، با مقایسه حلالیت جامدات یونی بر اساس بار و شعاع یونها، به درستی قابل پیش‌بینی نیست.

در هر حال، بر اساس رابطه (۵)، هر گاه، قدر مطلق  $\Delta H_{hyd}$  از  $\Delta H_{dis}$  بزرگتر باشد، مقدار گرمای انحلال ( $\Delta H_{sol}$ ) کوچکتر از صفر بوده، انحلال جامد یونی در آب با آزاد شدن انرژی همراه است و در این حالت، غالباً جامد یونی به خوبی در آب حل می‌شود. مانند انحلال کلرید کلسیم و یا نیدروکسید سدیم در آب که گرمای آن است. چنانچه قدر مطلق  $\Delta H_{hyd}$  از  $\Delta H_{dis}$  کوچکتر باشد، مقدار  $\Delta H_{sol}$  بزرگتر از صفر خواهد بود. در این حالت، در مورد برخی از جامدات یونی مثلاً یدید پتاسیم، کلرید پتاسیم و نیترات پتاسیم، فرآیند انحلال با جذب مقداری گرما همراه بوده و موجب سرد شدن محلول می‌شود. ولی در مورد برخی دیگر مانند کلرید نقره، سولفات باریم، کربنات کلسیم، جامد یونی در آب حل نمی‌شود و یا در مواردی (مثلاً کلرید سرب II)، انحلال جامد یونی با جذب گرمای زیاد (در دمای جوش آب) در آب صورت می‌گیرد. اگر مقدار  $\Delta H_{sol} \approx 0$  باشد، عمل انحلال جامد یونی در آب با اثرات گرمایی قابل توجهی همراه نیست. مانند انحلال کلرید سدیم در آب.

دقیق تر و پیش بینی درست تر کیفیت انحلال جامدات یونی در آب، باید تأثیر سه عامل گرمای انحلال ( $\Delta H_{sol}$ )، تغییرات آنژی و پی انحلال ( $\Delta S_{sol}$ ) و دما ( $T$ ) و یا به عبارت دیگر تغییرات انرژی آزاد گیپس انحلال ( $\Delta G_{sol}$ ) را بر طبق رابطه زیر در نظر گرفت:

$$\Delta G_{sol} = \Delta H_{sol} - T\Delta S_{sol} \quad (6)$$

حال بر اساس این رابطه. برای نمونه علت کم محلول بودن LiF و کاملاً محلول بودن KI را که ثابتهای نرمودینامیکی آنها در جدول (۱) داده شده است، مورد بررسی قرار می دهیم.

با توجه به اینکه  $\Delta H$  انحلال LiF برابر ۱+ و از آن KI برابر ۵+ کیلوکالری بر مول است؛ اگر فقط بر اساس گرما-گیری یا گرمایی فرآیند انحلال قضاوت کنیم، انتظار می رود که LiF بهتر از KI در آب حل شود. ولی تجربه نشان می دهد که برخلاف انتظار LiF بسیار کم در آب حل می شود ولی KI کاملاً در آب محلول است. برای توجیه این مشاهده دراز انتظار، یاد آور می شویم که اگرچه به طور کلی فرآیند انحلال جامدات یونی در آب با افزایش بی نظمی همراه است، ولی اصولاً عمل نیدرانتاسیون یونها باعث کاهش بی نظمی ذرات در محلول می شود. بررسی های دقیق در این زمینه نشان داده است که هرچه شعاع یون بزرگتر و بار آن کمتر و یا به عبارت دیگر نسبت بار به شعاع یون کوچکتر باشد، تعداد کمتری از مولکولهای آب با آن یون، در محلول، پیوند برقرار می کنند و یا در اطراف آن جمع می شوند. در نتیجه میزان بی نظمی ذرات در محلول کمی بیشتر می شود. ولی در مورد یونهای که شعاع کوچکتر و بار بیشتری دارند و یا نسبت بار به شعاع آنها بزرگتر است تعداد بیشتری از مولکولهای آب با آن یون در محلول پیوند برقرار می کنند و یا در اطراف آن جمع می شوند. در نتیجه به میزان قابل توجهی از بی نظمی ذرات در محلول کاسته

می شود و حتی گاهی به جای اینکه بی نظمی ذرات در محلول افزایش یابد، روبرو کاهش می گذارد. به همین علت چون یون  $Li^+$  نسبتاً کوچک ( $\frac{Z^2}{r} = 1/7$ ) و یون  $K^+$  نسبتاً بزرگ

( $\frac{Z^2}{r} = 0/75$ ) است و همچنین چون یون  $F^-$  نسبتاً کوچک

( $\frac{Z^2}{r} = 0/74$ ) و یون  $I^-$  نسبتاً بزرگ ( $\frac{Z^2}{r} = 0/46$ ) است،

از اینرو، در فرآیند انحلال LiF بی نظمی ذرات در محلول کاهش می یابد و مقدار  $\Delta S_{sol}$  به حد کوچکتر از صفر می رسد ( $\Delta S_{sol} = -2/5 \text{ Kcal/mole}$  در  $25^\circ\text{C}$ ). در صورتی که در ضمن انحلال KI تا اندازه ای از کاهش بی نظمی جلوگیری شده

و مقدار  $T\Delta S_{sol}$  در دمای  $25^\circ\text{C}$  به  $7/9 \text{ kcal/mol}$  می رسد.

حال اگر مقدار  $\Delta H_{sol}$  و  $\Delta S_{sol}$  را برای این دو جامد یونی، در رابطه (۱) قرار دهیم، نتیجه می شود که:

$$\Delta G > 0 \quad \text{برای LiF} \quad \Delta G = +1 - (-2/5) = +3/5$$

$$\Delta G < 0 \quad \text{برای KI} \quad \Delta G = +5 - (-7/9) = -2/9$$

چون مقدار  $\Delta G$  برای KI کوچکتر از صفر است، انحلال آن در آب با وجود گرماگیر بودن، در دمای معمولی فرآیندی خود به خودی است، در حالی که LiF در دمای معمولی در آب نامحلول (یا بسیار کم محلول) است.

### نقش قطبیت پذیری آنیونهای در انحلال جامدات یونی

یکی از عوامل مؤثر در کاهش میزان حلالیت جامدات یونی در آب، تأثیرات متقابل بین کاتیونها و ابرالکترونی آنیونهاست. اصولاً هرچه شعاع آنیون بزرگتر و بار الکتریکی آن بیشتر باشد، قابلیت تغییر شکل ابرالکترونی آن (قطبیت پذیری) توسط کاتیون بیشتر است و هرچه شعاع کاتیون کوچکتر و بار الکتریکی آن بیشتر باشد، قدرت بیشتری برای تغییر دادن شکل ابرالکترونی آنیون دارد. در این صورت پیوند بین آنیون و کاتیون از حالت پیوند یونی و الکتروستاتیکی خالص خارج شده و کمی خصالت کووالانسی پیدا می کند و یا به عبارت دیگر به صورت یک پیوند حسد واسط درمی آید. در نتیجه نیروی جاذبه بین ذرات در شبکه بلور افزایش می یابد، انرژی شبکه بلور بیشتر می شود، مقدار  $\Delta H_{dis}$  که از نظر قدر مطلق برابر انرژی شبکه بلور است نیز افزایش پیدا می کند و با توجه به رابطه (۶) موجب کاهش گرمای انحلال می شود و در میزان حلالیت جامد یونی در آب اثر منفی می گذارد.

برای مثال، در بلورهای AgCl و AgF، با توجه به اینکه بار یونها برابر و شعاع  $F^-$  از شعاع  $Cl^-$  کوچکتر است، انتظار می رود که انرژی شبکه بلور AgF از AgCl بیشتر باشد. حال آنکه انرژی شبکه بلور آن حتی کمی از انرژی شبکه بلور AgCl کمتر است (به ترتیب ۲۱۸- و ۲۱۹- کیلوکالری بر مول)؛ علت چنین نتیجه دراز انتظار این است که شعاع  $Cl^-$  از شعاع  $F^-$  بزرگتر است و همان طور که اشاره شد، قطبیت پذیری آن توسط  $Ag^+$  بیشتر بوده و انرژی پیوندی شبکه بلور AgCl از AgF بیشتر است. به همین علت حلالیت AgCl در آب فوق العاده کمتر از AgF است.

اکنون نوبت بررسی و پاسخ به سؤال مهمی است که مورد توجه بسیاری از همکاران قرار گرفته است یعنی سؤالی که

بارها به صورت زیر مطرح شده است:

چرا با افزایش عدد اتمی فلز قلیایی خاکی، حلالیت تییدروکسید آن افزایش ولی حلالیت سولفات آن کاهش می‌یابد؟ و پرسشهای مشابه دیگر.

در پاسخ به این نوع پرسشها باید توجه داشت که اگرچه گرمای انحلال و تغییرات بی‌نظمی، نقشی اساسی و غیرقابل انکاری در میزان حلالیت جامدات یونی در آب، دارند ولی باید قبول کرد که چگونگی این نقش ناحدودی پیچیده و شاید ناحدوی هنوز تمام جنبه‌های آن شناخته نشده است. یکی از موارد این پیچیدگی آن است که هم انرژی شبکه بلور (ویا  $\Delta H_{dis}$ ) یونها در شبکه بلور و هم انرژی تییدراتاسیون یونها در آب، به میزان شعاع و مقدار بار الکتریکی یونها بستگی دارند و حتی هر دو، با بار یونها نسبت مستقیم و با شعاع یونها نسبت معکوس دارند. ولی با وجود این، در چگونگی این ارتباط و وابستگی در دومورد، تفاوتی به چشم می‌خورد. زیرا انرژی شبکه بلور جامد یونی تابعی از عکس مجموع شعاع آنیون ( $r_a$ ) و شعاع کاتیون ( $r_c$ ) است. در صورتی که انرژی تییدراتاسیون یونها را باید برای آنیون و کاتیون به طور جداگانه در نظر گرفت که هر کدام با عکس شعاع یونی متناسبند. یعنی به بیان ریاضی باید چنین نوشت:

$$\Delta H_{dis} = f_1 \left( \frac{1}{r_a + r_c} \right) \quad (7)$$

$$\Delta H_{hyd} = f_2 \left( \frac{1}{r_c} \right) + f_3 \left( \frac{1}{r_a} \right) \quad (8)$$

می‌یابد و این کاهش در میزان حلالیت جامد یونی در آب اثر منفی می‌گذارد. برعکس، هر چه تفاوت شعاع آنیون و شعاع کاتیون بیشتر باشد، مقدار  $\Delta H_{dis}$  نسبت به  $\Delta H_{hyd}$  کاهش بیشتری پیدا می‌کند و بر اساس رابطه (۵)، مقدار گرمای انحلال افزایش یافته و این افزایش در میزان حلالیت جامد یونی اثر مثبت می‌گذارد. برای اینکه پاسخ گویایی به این مسئله نسبتاً پیچیده آسان‌تر و عینی‌تر شود، به بررسی چند نمونه می‌پردازیم،

### نمونه اول

چرا با افزایش عدد اتمی فلزات قلیایی خاکی، حلالیت تییدروکسید آنها افزایش می‌یابد؟

باید توجه داشت که شعاع آنیون  $OH^-$ ، از شعاع کاتیونهای فلزات ابتدای گروه قلیایی خاکی کمی بزرگتر است. ولی با افزایش عدد اتمی فلز قلیایی خاکی و افزایش شعاع کاتیون آن، همان طور که جدول (۲) نشان می‌دهد، به تدریج تفاوت شعاع مؤثر کاتیون و شعاع آنیون زیادتر می‌شود و حلالیت تییدروکسید فلز نیز در همان جهت به تدریج افزایش می‌یابد. با توجه به توضیحات داده شده، چنین روندی نباید دور از انتظار باشد. زیرا بر اساس روابط (۷) و (۸)، به تدریج که اختلاف شعاع کاتیون و آنیون زیادتر شود، افزایش مقدار  $\Delta H_{hyd}$  بر افزایش مقدار  $\Delta H_{dis}$  فزونی می‌یابد. در نتیجه مقدار  $\Delta H_{sol}$  نیز افزایش یافته و موجب بالارفتن میزان حلالیت تییدروکسید می‌شود.

### نمونه ۲

چرا با افزایش عدد اتمی فلزات قلیایی خاکی، حلالیت سولفات و کرومات آنها، رو به کاهش می‌گذارد (برخلاف

جدول (۲)

Ba(OH) <sub>۲</sub>	Sr(OH) <sub>۲</sub>	Ca(OH) <sub>۲</sub>	Mg(OH) <sub>۲</sub>	Be(OH) <sub>۲</sub>	تییدروکسید
۰/۸۰	۰/۵۸	۰/۴۵	۰/۱۵	۰/۲	تفاوت شعاع مؤثر کاتیون و شعاع آنیون
-۳ ۵ × ۱۰	-۴ ۳/۲ × ۱۰	-۶ ۱/۳ × ۱۰	-۲۰ ۸/۹ × ۱۰	-۲۶ ۱/۶ × ۱۰	حاصل ضرب حلالیت تییدروکسید

تییدروکسید آن).

با توجه به اینکه شعاع آنیونهای سولفات و کرومات از شعاع فلزات قلیایی خاکی بزرگتر است، با افزایش عدد اتمی فلز قلیایی و بزرگ شدن شعاع آن، همان طور که در جدول (۳) و (۴) نشان داده شده است. اختلاف شعاع مؤثر کاتیون و شعاع آنیون، به تدریج کوچکتر می‌شود.

در این روابط،  $r_c$  شعاع کاتیون در شبکه بلور و  $r'_c$  شعاع مؤثر کاتیون در محلول یا شعاع کاتیون تییدراته است ( $r'_c < r_c$ ). بر اساس این روابط و با محاسبات نسبتاً ساده می‌توان نتیجه گرفت که هر چه شعاع آنیون و شعاع کاتیون به یکدیگر نزدیکتر باشد، مقدار  $\Delta H_{dis}$  نسبت به  $\Delta H_{hyd}$  افزایش بیشتری پیدا می‌کند و بر اساس رابطه (۵) مقدار گرمای انحلال کاهش



جدول (۳)

BaSO <sub>۴</sub>	SrSO <sub>۴</sub>	CaSO <sub>۴</sub>	MgSO <sub>۴</sub>	سولفات
۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۵۰	۰/۸۰	تفاوت شعاع مؤثر کاتیون و شعاع آنیون
<sup>-۱۰</sup> ۱×۱۰	<sup>-۷</sup> ۸×۱۰	<sup>-۵</sup> ۲/۲×۱۰	(محلول)	حاصلضرب حلالیت سولفات

جدول (۴)

BaCrO <sub>۴</sub>	SrSO <sub>۴</sub>	CaSO <sub>۴</sub>	MgCrO <sub>۴</sub>	کرومات
۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۵۵	۰/۹۴	تفاوت شعاع مؤثر کاتیون و شعاع آنیون
<sup>-۱۱</sup> ۸/۵×۱۰	<sup>-۵</sup> ۲/۶×۱۰	<sup>-۴</sup> ۷×۱۰	(محلول)	حاصلضرب حلالیت کرومات

### توجیه حلالیت جامدات یونی بر اساس نظریهٔ اسیدوباز نرم و سخت (S.H.A.B.)<sup>۱</sup>

مولکولها و یونهایی که اتم نوکلئوفیل آنها، الکترونگاتیوی نسبتاً زیادی دارند و یا آنیونهایی که پتانسیل یونی (نسبت بار به شعاع) نسبتاً بالایی دارند، اصطلاحاً باز سخت نامیده

می‌شوند: مانند OH<sup>-</sup>، F<sup>-</sup> و NH<sub>۳</sub>. در مقابل مولکولها و آنیونهایی که اتم نوکلئوفیل آنها الکترونگاتیوی نسبتاً کمی دارند و یا آنیونهایی که پتانسیل یونی آنها نسبتاً کم است،

باز نرم نامیده می‌شوند مانند S<sup>۲-</sup> و I<sup>-</sup> و PH<sub>۳</sub>. همچنین مولکولها و یونهایی که اتم الکتروفیل آنها الکترو پوزیوی نسبتاً زیادی دارند و یا کاتیونهایی که پتانسیل یونی نسبتاً کمی دارند، اصطلاحاً اسید سخت نامیده می‌شوند: مانند

کاتیونهای فلزات قلیایی، Mg<sup>۲+</sup> و Ca<sup>۲+</sup>. در مقابل، مولکولها و یونهایی که اتم الکتروفیل آنها الکتروپوزیوی نسبتاً کمی دارند و یا کاتیونهایی که پتانسیل یونی نسبتاً زیادی دارند، اسید نرم نامیده می‌شوند: مانند کاتیونهای فلزات زیریندروژن، Ag<sup>+</sup>، Hg<sup>۲+</sup> و ...

بر اساس این نظریه، هرچه درجه سختی اسیدی یا بازی و یا درجه نرمی اسیدی یا بازی کاتیون و آنیون تشکیل دهنده یک جامد یونی، به یکدیگر نزدیکتر باشد، آن جامد یونی بهتر در حلالهای قطبی نظیر آب حل می‌شود و هرچه درجه سختی و یا درجه نرمی اسیدی و بازی آنیون و کاتیون یک جامد یونی بایکدیگر تفاوت بیشتری داشته باشد، آن جامد یونی در حلالهای

## توجه

همان‌طور که از داده‌های جداول (۳) و (۴) می‌توان دریافت، تفاوت بین شعاع مؤثر کاتیون و آنیون در کرومات فلزات قلیایی بیشتر است تا در سولفات آنها بر همین اساس، به‌طور کلی حلالیت کرومات آنها بیشتر از حلالیت سولفات آنها است.

## نمونه ۳

چرا حلالیت، هالیدهای لیتیم از LiF تا LiI به تدریج کاهش می‌یابد؟

برای پاسخ دادن به این پرسش، باید توجه داشت که از یک طرف، از LiF تا LiI به تدریج تفاوت شعاع آنیون و کاتیون افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با بزرگتر شدن شعاع آنیون، تعداد مولکولهای آب «نیدراتاسیون» آن کمتر شده و از کاهش میزان بی‌نظمی تا اندازه‌ای جلوگیری می‌شود. بدین ترتیب مقدار ΔH و ΔS انحلال افزایش یافته و بر اساس رابطه (۱)، مقدار ΔG انحلال کوچکتر (منفی‌تر) شده و حلالیت هالید لیتیم افزایش می‌یابد.

بر همین اساس می‌توان به سهولت پی برد که چرا LiF و CsI از هالیدهای قلیایی دیگر محلول‌ترند و یا اینکه چرا معمولاً در شیمی تجزیه برای رسوب دادن یونهای حجیم (به ویژه یونهای کمپلکس) از یونهای حجیم دیگر که با مخالف دارند استفاده

می‌شود. مثلاً برای رسوب دادن آنیون حجیم  $PtCl_6^{۲-}$  (یون هگزا کلرو پلاتینات (IV)) از کاتیون نسبتاً حجیم K<sup>+</sup> یا NH<sub>۴</sub><sup>+</sup> استفاده می‌شود.

1- Hard and soft acid and base

قطبی از جمله در آب، بهتر حل می‌شود.

حال که با نظریه اسید و باز نرم و سخت و ارتباط آن با فرآیند انحلالها جامدات یونی تا اندازه‌ای آشنایی حاصل شد، به بررسی حلالیت چند جامد یونی بر اساس این نظریه می‌پردازیم:

نمونه اول

$Mg(OH)_2$  از اسید سخت  $(Mg)$  و باز سخت  $(OH)^-$  تشکیل شده است، یعنی درجه سختی کاتیون و آنیون در آن به یکدیگر نزدیک است. به همین علت در آب حل نمی‌شود. ولی

چون  $Ba$  اسید نسبتاً نرمی است و تفاوت سختی آن با  $OH^-$  نسبتاً زیاد است از اینرو  $Ba(OH)_2$  در آب حل می‌شود.

ملاحظه می‌شود که بر اساس این نظریه می‌توان توجیه کرد که چرا با افزایش عدد اتمی (به عبارت دیگر افزایش درجه نرمی اسیدی کاتیون) فلزهای قلیایی خاکی، حلالیت نیدروکسید آنها در آب زیاد می‌شود.

نمونه دوم

$MgSO_4$  از اسید سخت  $(Mg)$  و باز نسبتاً نرم  $(SO_4)^{2-}$  تشکیل شده است، یعنی درجه نرمی و یاسختی کاتیون و آنیون در آن نسبتاً زیاد است، از اینرو به خوبی در آب حل می‌شود.

ولی چون  $Ba$  یک اسید نسبتاً نرم (در حدود نرمی  $(SO_4)^{2-}$ ) است،  $BaSO_4$  در آب حل نمی‌شود.

قابل توجه است که بر اساس این نظریه نیز می‌توان به خوبی توجیه کرد که چرا با افزایش عدد اتمی فلزات قلیایی خاکی، حلالیت سولفات آنها کاهش می‌یابد.

نمونه سوم

$AgF$  از اسید نرم  $(Ag)$  و باز سخت  $(F)^-$  تشکیل شده است. اما چون تفاوت درجه سختی و یا نرمی اسیدی و بازی آنیون و کاتیون در آن نسبتاً زیاد است، از اینرو این نمک در آب حل می‌شود. ولی چون  $Cl^-$  بازی نسبتاً نرم است (در حدود

نرمی اسید نرم  $(Ag)$ )، از اینرو  $AgCl$  برخلاف  $AgF$  در آب حل نمی‌شود.

توجه

شاید در پایان این بحث، این سوال مطرح شود که چرا هرچه درجه نرمی اسیدی و بازی آنیون و کاتیون در جامد یونی به یکدیگر نزدیکتر است، آن جامد در آب کمتر حل می‌شود. علت این موضوع آن است که چون حجم و پاشعاع یونها کوچکتر و در نتیجه انرژی پیوندی آنیون و کاتیون در شبکه بلور بیشتر می‌شود، امکان انحلال جامد در آب کمتر می‌شود.

## بقیه پیشگفتار

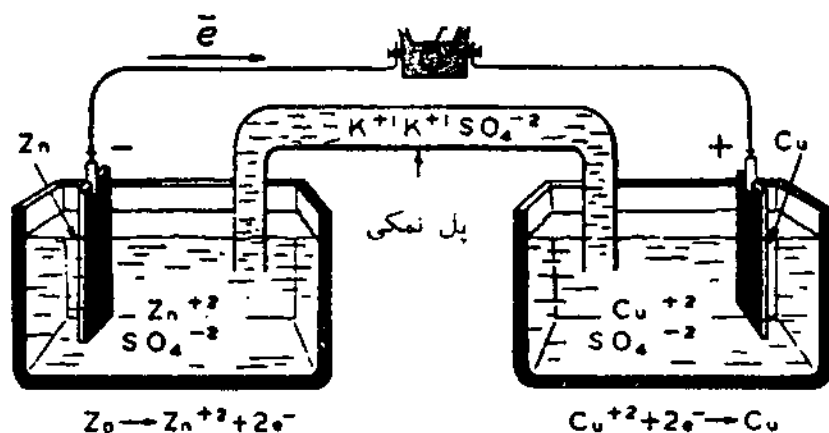
انسان امروز نیازمند چنین دانشمندانی است. انسانها در این جهان پر آشوب به دانشمندی نیاز دارند که خداشناس و متقی باشند تا بتوانند نابسامانیهای جوامع جهانی را در حد امکان سامان بخشند تا جایی که از نوآوریهای دانشمندان همه انسانهای کره خاکسی بهره‌گیرند. آخرین مقصد دانشمندان باید سعادت و رفاه معنوی باشد. پیامبر اسلام حضرت محمد (ص) می‌فرماید: «من پس از خود بر اتمم از سه خطر بیم دارم؛ لغزش دانشمند و دانا، فرمانروایی ستمگر و پیروی از هوا و هوس و نیز حضرت امام علی (ع) می‌فرماید: «دانشمند اگر به راستی گام بردارد درد اجتماع درمان بخشد و اگر راه نادرستی در پیش گیرد بر درد اجتماع بیفزاید.» دانشمند باید همگان را از تاریکیهای نادانی بیرون آورد و کانون زندگی انسانها را با چراغ دانش برافروزد. ما که شغل پرارزش آموزشی و فرهنگی را پذیرفته‌ایم برنامه کارمان تربیت انسان است، همان برنامه‌ای که انبیاء داشته‌اند. چنانکه امام خمینی در تفسیر سوره هلق بیان داشته‌اند. «تمام انبیاء موضوع بحثشان، موضوع تربیتشان، موضوع علمشان، انسان است. آمدند انسان را تربیت کنند، آمدند این موجود طبیعی را از مرتبه طبیعت به مرتبه عالی مافوق‌الطبیعه و مافوق‌الجبروت برسانند» امید آنکه کارمان در پیشگاه خالق پذیرفته شود. می‌دانیم که کارهای نخست همیشه خام و گامهای نخست سست و لرزان است. با وجود این می‌توانیم با توکل به خدا و صبر و شکیبایی و کوشش و تلاشی پیگیر، خامی را به پختگی و سستی را به پایداری برسانیم و از کاستیها به کاهیم. برای پاگرفتن این مجله به راهنمایی خوانندگان محترم به ویژه معلمان شیمی نیازمندیم و کوشش خواهیم کرد که در هر شماره آنچه را که مورد نظر خوانندگان محترم به ویژه معلمان شیمی است به کار بندیم. با همه مشکلاتی که در پیش داشتیم باز هم خوشبختانه توانستیم شماره دوم مربوط به فصل زمستان گذشته را در تیرماه جاری توزیع کنیم. برای آنکه این عقب ماندگی را جبران کنیم، راهی به نظرمان رسید و آن اینکه مطالب دو شماره بهار و تابستان (۳ و ۴) را در یک جلد چاپ کنیم. امیدواریم که این تلفیق در کمیت با بهتر شدن کیفیت همراه باشد.

در خاتمه به معلمان جهان به ویژه به آنان که به کارشان عشق می‌ورزند و برای هدایت جوانان از خود گذشته‌گی نشان می‌دهند و ایثار می‌کنند، دعا می‌فرستیم.

سر دبیر

# اطلاعات کلی پیرامون سلولهای الکتروشیمیایی

«قسمت سوم»



«این مقاله در ارتباط با کتاب شیمی  
سال سوم دبیرستان تهیه شده است»

## «چند کاربرد از مطالب قسمت‌های قبل»

در قسمت‌های اول و دوم این بحث، برخی اطلاعات لازم پیرامون سلولهای الکتروشیمیایی و تاریخچه آن، انواع الکترودها و پیل‌های الکتروشیمیایی با شما خوانندگان عزیز مجله رشد آموزش شیمی، در میان گذاشتیم (شماره اول صفحات ۳۱ تا ۳۵ و شماره دوم صفحات ۱۹ الی ۲۷) اینک در این شماره مطالبی در مورد بستگی نیروی الکتروموتوری پیل بادما و غلظت، پیش‌بینی جهت واکنش‌های شیمیایی به کمک نیروهای الکتروموتوری پیل‌های مربوطه، تعیین ثابت تعادل واکنش به کمک داده‌های الکتروشیمیایی، رقابت یونها برای اکسیداسیون (اکسایش) یا احیاء (کاهش) در فرایند الکترولیز، به نگارش درمی‌آوریم.

دکتر حسین آقایی

استاد

شیمی فیزیک دانشکده علوم  
دانشگاه تربیت معلم تهران  
و از مؤلفان کتابهای شیمی  
وزارت آموزش و پرورش

**الف- بستگی نیروی الکتروموتوری آن در محلول یا مخلوط، عبارت است از:**  
**پیل با غلظت و دما**

$$\mu_i = \mu_i^\circ + RT \ln a_i$$

$a_i$  فعالیت (غلظت مؤثر) شرکت کننده مورد نظر را می‌رساند. هرگاه  $a_i$  برابر با واحد باشد. به دست می‌آید،

$$\mu_i = \mu_i^\circ$$

زیرا لگاریتم یک مساوی صفر است. ( $\ln 1 = 0$ ). به این ترتیب  $\mu_i^\circ$  پتانسیل شیمیایی شرکت کننده مورد نظر را در موقعی که فعالیت آن برابر با واحد است، معرفی می‌نماید. ( $\ln$  علامت لگاریتم نپری است)

غلظت اجزاء یک محلول (مواد حل شده و حلال) را بر حسب معیاری مختلفی بیان می‌کنند. مهم‌ترین آنها عبارتند از:

کسر مولی (Mole Fraction)، مولالیته (Molality) و مولاریته (Molarity) در مخلوطهای گازی شکل از فشار جزئی (Partial Pressure) برای بیان غلظت اجزاء شرکت کننده نیز استفاده می‌شود.

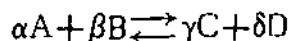
کسر مولی هر شرکت کننده را با علامت  $X_i$  نشان می‌دهند. کسر مولی، کسری از تمامی مولهای محلول یا مخلوط که شامل آن شرکت کننده است، نشان می‌دهد. برای مثال فرض کنید، محلولی از دو مول آب (۳۶ گرم آب) و سه مول الکل (۱۳۸ گرم الکل) داشته باشیم. در این صورت کسر مولی آب و الکل در آن محلول برابر است با،

$$X_{\text{آب}} = \frac{2}{2+3} = 0.4$$

$$X_{\text{الکل}} = \frac{3}{2+3} = 0.6$$

مولالیته را با  $m$  نشان می‌دهند. مولالیته یک محلول برابر با تعداد مولهای جسم حل شده در یک کیلوگرم حلال می‌باشد. مولالیته

بزرگی نیروی الکتروموتوری (E) هر پیل، به عواملی مانند طبیعت شیمیایی مواد شرکت کننده در واکنش پیل، غلظت آن مواد، دما و برخی عوامل دیگر بستگی دارد. چگونگی تغییر نیروی الکتروموتوری پیل با غلظت، با استفاده از بستگی تغییر انرژی گیبس و واکنش ( $\Delta G$ ) با غلظت، قابل پیش بینی است. تغییر انرژی گیبس ( $\Delta G$ ) یک واکنش مانند:



خود برابر است با،

$$\Delta G = (\gamma \mu_C + \delta \mu_D) - (\alpha \mu_A + \beta \mu_B)$$

$\mu$  ها پتانسیل شیمیایی مواد شرکت کننده در واکنش را نشان می‌دهند. پتانسیل شیمیایی هر شرکت کننده، انرژی گیبس مولی آنرا در محلول یا مخلوط مورد نظر می‌رساند.

پتانسیل شیمیایی هر ماده میزان تمایل آنرا برای شرکت در تحول یا واکنش نشان می‌دهد. هر ماده شیمیایی به طور طبیعی میل دارد از حالتی که در آن پتانسیل شیمیایی اش بالاتر است به حالتی که در آن پتانسیل شیمیایی اش پایین تر است، تحول یابد. پایدارترین حالت برای هر ماده شیمیایی، حالتی است که پتانسیل شیمیایی آن دارای کمترین مقدار ممکن باشد. پتانسیل شیمیایی بر حسب یکی از واحدهای انرژی، مانند ژول - کالری و ... بیان می‌شود. معمولاً مقدار مطلق پتانسیل شیمیایی مواد و ترکیبات شیمیایی قابل تعیین نیست.

اما به آسانی می‌توان تغییر آنرا در نتیجه تغییر شرایط و تحولات مختلف تعیین نمود. پتانسیل شیمیایی هر ماده‌ای، تابع طبیعت شیمیایی آن ماده، دما و غلظت مؤثر آن که همان فعالیت نامیده می‌شود، می‌باشد. در دمای ثابت، بستگی پتانسیل شیمیایی هر یک از اجزاء در محلول یا مخلوط همگن که با  $\mu$  مشخص می‌شود با غلظت مؤثر

(M) یک محلول برابر با تعداد مولهای ماده حل شده است که در یک لیتر محلول موجود می‌باشد.

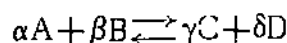
با توجه به معیارهای مختلف غلظت، به آسانی می‌توان به این موضوع پی برد که مقدار  $\mu^\circ$  هر شرکت کننده، تا حدودی تابع معیاری که برای بیان غلظت آن شرکت کننده، انتخاب می‌شود، نیز می‌باشد.

در محلولها یا مخلوطهایی که دارای حالت ایده آل هستند، فعالیت هر شرکت کننده با غلظت آن مساوی است. برای مثال در اینگونه محلولها یا مخلوطهای همگن می‌توان پتانسیل شیمیایی هر شرکت کننده را به صورت زیر نوشت:

$$\mu_i = \mu_i^\circ + RT \ln X_i$$

$X_i$  کسر مولی شرکت کننده مورد نظر را در مخلوط یا محلول می‌رساند.

در بحث حاضر، برای اینکه موضوع ساده تر شود، فرض می‌کنیم که محلولها یا مخلوطهای مورد مطالعه، دارای حالت ایده آل باشند. و غلظت اجزاء حل شده نیز بر حسب مولالیته بیان شده باشد. با توجه به این فرض، واکنش:



که مواد واکنش دهنده و محصولات آن در یک حلال مناسب حل شده‌اند، در دما و فشار استاندارد، مجدداً در نظر می‌گیریم. پتانسیل شیمیایی هر یک از مواد واکنش دهنده و حاصل، با رعایت فرض بالا، برابر است با،

$$\mu_A = \mu_A^\circ + RT \ln[A]$$

$$\mu_B = \mu_B^\circ + RT \ln[B]$$

$$\mu_C = \mu_C^\circ + RT \ln[C]$$

$$\mu_D = \mu_D^\circ + RT \ln[D]$$

(در اینجا  $\mu^\circ$  پتانسیل شیمیایی شرکت

ب: لیتر / مول  
 $[C] = 1$  و  $[D] = 2$   
 $[A] = 0.01$  و  $[B] = 0.02$

برای محاسبه از رابطه،

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[C][D]^2}{[A][B]^2}$$

کمک می‌گیریم. در مورد حالت الف به دست می‌آید،

$$\Delta G = 5000$$

$$+ 1/987 \times 298 \ln \frac{0.01 \times 0.02^2}{2 \times 2^2}$$

$$5000 + 1/987 \times 298 \ln 0.000001$$

$$- 3100/5 \text{ cal}$$

برای حالت ب نتیجه می‌شود،

$$\Delta G = 5000$$

$$+ 1/987 \times 298 \ln \frac{2 \times 2^2}{0.01 \times 0.02^2}$$

$$= 13180/5 \text{ cal}$$

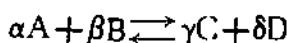
به طوری که محاسبه بالا نشان می‌دهد،  $\Delta G$  واکنش در حالت الف، منفی است در حالی که در حالت ب مثبت می‌باشد و به علاوه تفاوت آن دو از هم قابل توجه می‌باشد.

اکنون پس از بحث مقدماتی بالا به چگونگی بستگی نیروی الکتروموتوری پیل (E) با غلظت، دردمای ثابت، می‌پردازیم. در مطالعه ترمودینامیکی پیل‌های الکتروشیمیایی به دست می‌آوریم،

$$-\Delta G = nFE$$

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

F ثابت فاراده است و n تعداد مولهای الکترون جا بجاشده در واکنش پیل می‌باشد. اگر واکنش پیلی را به صورت:

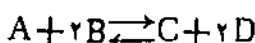


در نظر گرفته و از تساویهای قبل هم کمک

گیس واکنش را در موقعی که غلظت مواد واکنش دهنده و حاصل مقادیر دیگری (هر مقدار دلخواه) باشد، معرفی می‌نماید. وقتی از  $\Delta G$  با  $\Delta G^\circ$  واکنش سخن می‌گوییم، منظورمان آن تغییر انرژی گیبسی است که با انجام يك واکنش موازنه شده در شرایط بالا، همراه می‌باشد. برای مثال منظور از  $\Delta G^\circ$  واکنش خنثی شدن محلول سود با محلول اسید کاربدریک، آن تغییر انرژی گیبسی است که با خنثی شدن يك مول سود محلول به غلظت واحد و دمای  $298^\circ K$  توسط يك مول HCl محلول به غلظت واحد و همان دمای  $298^\circ K$  همراه می‌باشد. البته از این خنثی شدن بایستی يك مول NaCl به غلظت واحد و يك مول آب در همان دمای  $298^\circ K$  به وجود آید. محاسبه نشان می‌دهد که این  $\Delta G^\circ$  تقریباً برابر با  $13/2$  کیلوکالری می‌باشد.  $\Delta G$  به نوبه خود تغییر انرژی گیبسی وابسته به خنثی شدن يك مول سود محلول با يك مول HCl محلول و در نتیجه تولید يك مول NaCl محلول و يك مول آب را دردمای معینی می‌رساند. اما در این حالت غلظت هر يك از مواد واکنش دهنده و حاصل می‌تواند هر مقدار دلخواهی باشد. دلیل تفاوت بودن  $\Delta G$  و  $\Delta G^\circ$  از هم به واسطه همین نکته است. علاوه بر آن، همان طوری که گفتیم  $\Delta G^\circ$  هر واکنش دردمای فشار ثابت مقدار ثابتی است، در حالی که  $\Delta G$  آن متغیر بوده و ممکن است مقادیر متفاوتی را دارا شود. مثال زیر، این مطلب را بهتر توضیح خواهد داد:

مثال ۱

$\Delta G^\circ$  واکنش،



را مساوی  $5000 \text{ cal}$  فرض می‌کنیم. با توجه به آن،  $\Delta G$  آنرا در دو حالت زیر و در همان دمای  $298^\circ K$  حساب می‌نماییم:

الف: لیتر / مول  
 $[D] = 0.02$  و  $[C] = 0.01$   
 $[A] = 1$  و  $[B] = 2$

کننده مورد نظر را در موقعی که مولاریته آن در محلول برابر با واحد است، معرفی می‌نماید. با در نظر گرفتن تساویهای بالا، تغییر انرژی گیبسی واکنش ( $\Delta G$ ) برابر است با،

$$\Delta G = [\gamma\mu_C + \delta\mu_D] - [\alpha\mu_A + \beta\mu_B]$$

و یا،

$$\Delta G = [(\gamma\mu_C^\circ + \delta\mu_D^\circ) -$$

$$(\alpha\mu_A^\circ + \beta\mu_B^\circ)] +$$

$$RT \ln \frac{[C]^\gamma [D]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

حاصل مقادیر داخل کروشه را با  $\Delta G^\circ$  نشان می‌دهند و به آن تغییر انرژی گیبسی استاندارد واکنش می‌گویند. به این ترتیب  $\Delta G$  واکنش برابر می‌شود با،

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[C]^\gamma [D]^\delta}{[A]^\alpha [B]^\beta}$$

همان طوری که از رابطه بالا پیدا است. با آنکه تغییر انرژی گیبسی استاندارد واکنش ( $\Delta G^\circ$ ) دردمای فشار ثابت، مقدار ثابتی است؛ اما مقدار تغییر انرژی گیبسی واکنش ( $\Delta G$ ) ثابت نیست و همراه با تغییر غلظت مواد واکنش دهنده و حاصل، تغییر می‌کند.

$\Delta G^\circ$  تغییر انرژی گیبسی واکنش را در موقعی نشان می‌دهد که مواد واکنش دهنده که هر کدام دارای غلظت واحد می‌باشند، با هم واکنش داده و مواد حاصل که غلظت هر يك از آنها نیز برابر با همان واحد باشد، به وجود آورند. در این میان بایستی دما و فشار کلی را که معمولاً  $298^\circ K$  و  $1 \text{ atm}$  در نظر می‌گیرند، نیز ثابت باشد. در مقابل  $\Delta G$  تغییر انرژی



بگیریم، به دست خواهیم آورد:

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^{\gamma} \cdot a_D^{\delta}}{a_A^{\alpha} \cdot a_B^{\beta}}$$

(فعالیت را می‌رساند)

در صورتی که به جای ثابتهای R و F به ترتیب مقادیرشان  $8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$  و  $96485 \text{ C/mol}$  منظور نموده و دما را هم  $298^{\circ}\text{K}$  انتخاب نماییم و لگاریتم نپری (ln) را هم به لگاریتم اعشاری (log) تبدیل کنیم، نتیجه خواهد شد،

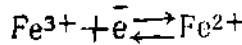
$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log \frac{a_C^{\gamma} \cdot a_D^{\delta}}{a_A^{\alpha} \cdot a_B^{\beta}}$$

این رابطه به نام رابطه نرنست (Nernst equation) مشهور است. در برخی اوقات، رابطه نرنست را به طور تقریب، بر حسب غلظت مواد شرکت کننده در واکنش می‌نویسند.

$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log \frac{[C]^{\gamma} [D]^{\delta}}{[A]^{\alpha} [B]^{\beta}}$$

در مطالعات معمولی و در محلولهای رقیق، استفاده از رابطه بالا تا حدودی بدون اشکال می‌باشد. اما در بررسیهای دقیق الکتروشیمیایی، بایستی رابطه را بر حسب همان فعالیت نوشت.

می‌توان رابطه نرنست در مورد نیم واکنشهای الکترودی هم به کار برد. به عنوان مثال، رابطه مذکور در مورد نیم واکنش،



به صورت زیر نوشته می‌شود:

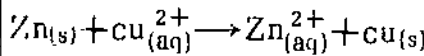
$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{n} \log \frac{a_{\text{Fe}^{2+}}}{a_{\text{Fe}^{3+}}}$$

مثال ۲

محاسبه نیروی الکتروموتوری پیل دانیل را در دو حالت زیر، مورد توجه قرار می‌دهیم:

الف:  $[\text{Cu}^{2+}] = 0.001 \text{ mol/l}$  و  $[\text{Zn}^{2+}] = 1$   
 ب:  $[\text{Cu}^{2+}] = 1 \text{ mol/l}$  و  $[\text{Zn}^{2+}] = 0.001$

واکنش پیل دانیل به صورت زیر است:



از آنجا،

$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{2} \log \frac{a_{\text{Zn}^{2+}} \cdot a_{\text{Cu}}}{a_{\text{Zn}} \cdot a_{\text{Cu}^{2+}}}$$

فعالیت مواد خالص در حالت جامد و مایع، برابر با واحد در نظر می‌گیرند. در نتیجه،

$$E = E^{\circ} - \frac{0.059}{2} \log \frac{a_{\text{Zn}^{2+}}}{a_{\text{Cu}^{2+}}}$$

$E^{\circ}$  این پیل خود برابر است با،

$$E^{\circ} = \varepsilon^{\circ} - \varepsilon^{\circ} \quad (\text{قطب منفی}) \quad (\text{قطب مثبت}) \quad (\text{پیل})$$

در این پیل، تیغه روی قطب منفی و تیغه مس قطب مثبت می‌باشد. مقدار  $\varepsilon^{\circ}$  آزاد را از جدول پتانسیلهای استاندارد کاهش الکترودی استخراج می‌کنیم.

$$E^{\circ} = 0.34 - (-0.76) = 1.1 \text{ ولت}$$

حال اگر به طور تقریب از غلظتهای داده شده، به جای فعالیتهای مورد نظر استفاده کنیم، به دست خواهیم آورد،

$$E = 1.1 - \frac{0.059}{2} \log \frac{1}{0.001} = 1.01 \text{ ولت}$$

$$E = 1.1 - \frac{0.059}{2} \log \frac{0.001}{1} = 1.19 \text{ ولت}$$

این محاسبه به تنهایی اثر غلظت را در اندازه نیروی الکتروموتوری پیل (E) آشکار می‌سازد.

در مورد چگونگی بستگی E یک پیل با دما، می‌توان از روابط ترمودینامیکی لازم کمک گرفت. رابطه  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  برای این منظور مناسب می‌باشد.  $\Delta H$  تغییر انتالپی\* و واکنش است که با گرمای واکنش در فشار ثابت مساوی است.  $\Delta S$  تغییر انترپی\* و واکنش است که با تغییری که در بی‌نظمی و پراکندگی ذرات ماده در نتیجه انجام واکنش پیش می‌آید، متناسب است. وقتی دما فقط در حدود چند درجه سانتیگراد تغییر کند،  $\Delta H$  و  $\Delta S$

\* G علامت انرژی آزادگیس است (Gibbs Free Energy). این علامت به افتخار [Josiah Willard Gibbs (1839-1903)] انتخاب شده است. وی یکی از دانشمندان مشهور امریکا است که در قلمرو ترمودینامیک و سایر قسمتهای شیمی فیزیک صاحب نظر بوده است. - انتالپی (Enthalpy) که با علامت H نشان داده می‌شود، از کلمه یونانی (Enthalpein) به معنای بالا رفتن گرما گرفته شده است. در اغلب اوقات، انتالپی را با محتوای گرمایی (Heat content) مترادف می‌گیرند. - انترپی (Entropy) را که با علامت S نشان می‌دهند، از کلمه یونانی Entropia که به معنای a turning toward Transformation می‌باشد، گرفته شده است.

اغلب واکنش‌ها تغییر زیادی نمی‌کند و در نتیجه می‌توان مقدار آنها را در اینگونه فواصل دمایی ثابت در نظر گرفت و چنین نوشت:

$$\Delta G_1 = \Delta H - T_1 \Delta S \quad (\text{در دمای } T_1)$$

$$\Delta G_2 = \Delta H - T_2 \Delta S \quad (\text{در دمای } T_2)$$

از آنجا،

$$\Delta G_2 - \Delta G_1 = \Delta S(T_1 - T_2)$$

حال با در نظر گرفتن تساوی  $-\Delta G = nFE$  به دست می‌آید،

$$nF(E_1 - E_2) = \Delta S(T_1 - T_2)$$

و یا،

$$\frac{E_2 - E_1}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta S}{nF}$$

چون  $n$  و  $F$  به صورت اعداد مثبتی در نظر گرفته می‌شوند، علامت کسر سمت چپ رابطه بالا، تابع علامت  $\Delta S$  خواهد بود. در نتیجه اگر  $\Delta S$  واکنش پیل مثبت باشد،  $E$  آن پیل با افزایش دما بزرگتر می‌شود. برعکس وقتی  $\Delta S$  واکنش پیل منفی باشد،  $E$  آن پیل با افزایش دما، کوچکتر می‌شود.

**ب - پیش‌بینی انجام واکنشها به کمک داده‌های الکتروشیمیایی**

یک واکنش شیمیایی، در صورتی در دما و فشار ثابت، خود به خود قابل انجام است که تغییر انرژی گیبس آن در آن دما و فشار، از صفر کوچکتر باشد. یعنی برای آن داشته باشیم،

$$\Delta G_{T,P} < 0$$

وقتی  $\Delta G_{T,P}$  مساوی صفر شود، واکنش به حال تعادل می‌رسد. اکنون با در نظر گرفتن تساوی  $-\Delta G = nFE$ ، به سادگی نتیجه

می‌شود که یک واکنش موقمی خود به خود انجام پذیر است که نیروی الکتروموتوری پیل نظیر آن، از صفر بزرگتر باشد. یعنی،

$$E_{T,P} > 0$$

نیروی الکتروموتوری هر پیل برابر با اختلاف پتانسیلهای الکترودی نیم پیل‌های مربوط به آن می‌باشد.

$$E = \varepsilon - \varepsilon$$

(نیم پیل سمت چپ)      (نیم پیل سمت راست)

$$= \varepsilon - \varepsilon$$

(قطب منفی)      (قطب مثبت)

به این ترتیب واکنش یک پیل ناموقمی خود به خود به جلو می‌رود که در آن پتانسیل الکترودی قطب مثبت پیل از پتانسیل الکترودی قطب منفی آن بزرگتر باشد. یعنی برای آن پیل داشته باشیم،

$$\varepsilon > \varepsilon$$

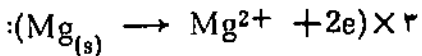
(قطب منفی)      (قطب مثبت)

هرگاه پیل در شرایط استاندارد قرار داشته باشد، یعنی دما و فشار در آن به ترتیب  $298^\circ K$  و  $1 \text{ atm}$  بوده و فعالیت هر یک از مواد واکنش دهنده و حاصل در نیم پیل‌های مربوط به آن نیز برابر با واحد باشد، می‌توان از نیروی الکتروموتوری استاندارد پیل  $(E^\circ)$  و پتانسیلهای استاندارد نیم پیلی  $(E^\circ)$  برای پیش‌بینی انجام پذیری واکنشهای مربوط، استفاده کرد.

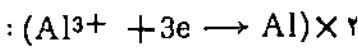
**مثال ۳**

پیل  $Mg | Mg^{2+} || Al^{3+} | Al$  در شرایط استاندارد مفروض است. با در نظر گرفتن پتانسیلهای استاندارد کاهش الکترودی، می‌خواهیم جهت انجام خود به خودی واکنش پیل را پیش‌بینی نماییم. به طوری که در قسمت‌های قبلی این بحث متذکر شده‌ایم، نیم پیل واقع در سمت چپ بایستی به عنوان قطب منفی یا آند

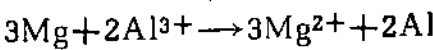
بوده و نیم پیل واقع در سمت راست، قطب مثبت یا کاتد باشد. نیم واکنشها و واکنش کلی این پیل، برای آنکه با ترسیم آن در بالا سازگار در آید، بایستی به صورت زیر نوشته شود:



نیم واکنش نیم پیل سمت چپ



نیم واکنش نیم پیل سمت راست



واکنش کلی پیل

نیروی الکتروموتوری استاندارد  $(E^\circ)$

پیل برابر است با،

$$E^\circ = \varepsilon^\circ - \varepsilon^\circ$$

(چپ)      (راست)      (پیل)

حال به جای  $E^\circ$ ، مقادیرشان را که در جدول پتانسیلهای استاندارد کاهش الکترودی نوشته شده است، قرار می‌دهیم:

$$E^\circ = -1/662$$

(پیل)

$$\text{ولت } 0/701 = -(-2/363)$$

چون نیروی الکتروموتوری پیل مثبت است، واکنش آن به همان صورت بالا و به طور خود به خود قابل انجام است.

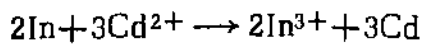
**مثال ۴**

پیل  $Co | Co^{2+} || Cd^{2+} | Cd$  در شرایط استاندارد مفروض است. می‌خواهیم معلوم کنیم که واکنش آن در کدام جهت خود به خود انجام پذیر است.

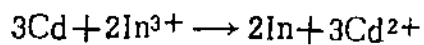
ترسیم بالا گویای آن است که نیم پیل  $Co | Co^{2+}$  قطب منفی است و نیم پیل  $Cd^{2+} | Cd$  قطب مثبت می‌باشد. در نتیجه، نیم واکنشها و واکنش کلی این پیل بایستی به صورت زیر نوشته شود:



به طور خود به خود انجام می گیرند. نتیجه جالبی که از این مثال به دست می آید، این است که با تغییر غلظت مواد شرکت کننده در واکنش پیل، می توان جهت انجام خود به خودی واکنش را عوض نمود. همانطوری که ملاحظه شد، واکنش پیل مورد بحث



در شرایط استاندارد، خود به خود قابل انجام نیست، بلکه واکنش معکوس آن، یعنی



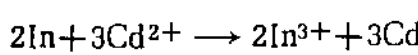
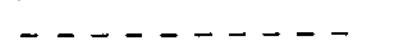
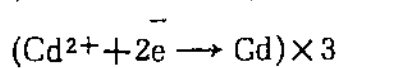
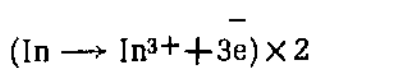
در شرایط مذکور خود به خود قابل انجام است؛ حال آنکه اگر غلظتها را آنطوری که گفته شده است، تغییر دهیم. همان واکنش کلی اولی خود به خود قابل انجام می شود. این تغییر موقعیت واکنش به واسطه آن است که پتانسیلهای شیمیایی اجزاء شرکت کننده در واکنش، همانطور که در آغاز این قسمت از بحث گفتیم، به همراه تغییر غلظت آنها دستخوش تغییر می شوند.

در شرایط استاندارد، مقادیر پتانسیلهای شیمیایی طوری است که  $\Delta G$  واکنش مثبت می شود و از همین رو واکنش خود به خود انجام نمی گیرد. اما با تغییر غلظت مواد واکنش دهنده و حاصل، پتانسیلهای شیمیایی آنها نیز تغییر می کند و تغییر آنها طوری است که  $\Delta G$  واکنش، در شرایط جدید، منفی می شود و از همین رو واکنش خود به خود قابل انجام می گردد.

ج - تعیین ثابت تعادل واکنشها به کمک داده های الکتروشیمیایی گفتیم که یک واکنش، در دما و فشار ثابت، در صورتی می تواند در حال تعادل باشد که  $\Delta G$  آن مساوی صفر شود. چون بستگی  $\Delta G$  با نیروی الکتروموتوری پیل به صورت  $-\Delta G = nFE$  می باشد. در نتیجه واکنش پیل هنگامی به حالت تعادل می رسد که نیروی الکتروموتوری

برابر با  $[\text{In}^{3+}] = 1 \text{ mol/l}$  و  $[\text{Cd}^{2+}] = 0.001$  بوده و در  $298^\circ\text{K}$  باشد، مورد بررسی قرار می دهیم.

نیم واکنشها و واکنش کلی این پیل، مطابق ترسیم بالا بایستی به صورت زیر باشد،



نیروی الکتروموتوری پیل در حالت استاندارد برابر است با،

$$E^\circ = \varepsilon^\circ - \varepsilon^\circ \quad (\text{چپ}) \quad (\text{راست}) \quad (\text{پیل})$$

$$= -0.403 - (-0.232) = -0.561 \text{ ولت}$$

چون نیروی الکتروموتوری پیل در شرایط استاندارد منفی است، نیم واکنشها و واکنش کلی بالا در آن شرایط خود به خود قابل انجام نمی باشند. در مقابل واکنش معکوس آنها در آن شرایط خود به خود قابل انجام می باشد.

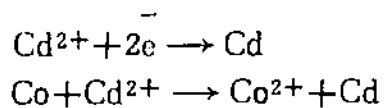
حالت موقعیت پیل را در شرایط غیر استاندارد بررسی می کنیم. نیروی الکتروموتوری پیل (E) در شرایط غیر استاندارد داده شده برابر است با،

$$E = E^\circ - \frac{0.059}{6} \log \frac{a^{\text{In}^{3+}}}{a^{\text{Cd}^{2+}}}$$

$$= -0.561 - \frac{0.059}{6}$$

$$\log \frac{(1)^2}{(0.001)^3} = +0.5275 \text{ ولت}$$

چون نیروی الکتروموتوری پیل در شرایط غیر استاندارد داده شده مثبت است، نیم واکنشها و واکنش کلی پیل، در شرایط مذکور، به همان صورت نوشته شده در بالا

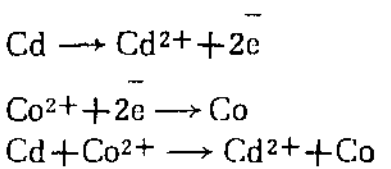


نیروی الکتروموتوری استاندارد پیل مطابق با ترسیم بالا، برابر است با،

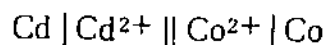
$$E^\circ = \varepsilon^\circ - \varepsilon^\circ \quad (\text{چپ}) \quad (\text{راست})$$

$$= -0.403 - (-0.277) = -0.126 \text{ ولت}$$

چون نیروی الکتروموتوری پیل، در شرایط گفته شده، منفی است. نیم واکنشها و واکنش کلی آن به صورتی که در بالا آمده است خود به خود قابل انجام نیست، بلکه هر یک از آنها در جهت معکوس قابل انجام می باشد. به این ترتیب در عمل، نیم پیل  $\text{Co} | \text{Co}^{2+}$  نمی تواند قطب منفی پیل باشد، بلکه قطب مثبت آن قرار می گیرد. به همین ترتیب نیم پیل  $\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$  برخلاف ترسیم بالا که به عنوان قطب مثبت در نظر گرفته شده است، قطب منفی واقع می شود. از این رو نیم واکنشهایی که خود به خود انجام می گیرند و همینطور واکنش کلی پیل به صورت زیر می باشد:



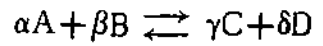
در واقع پیل ذکر شده در مثال ۴ یک پیل ترسیمی است که بر طبق قرارداد فقط بر روی کاغذ نشان داده شده است؛ و پیل واقعی که دو نیم پیل تشکیل دهنده آن همان دو نیم پیل بالا می باشد، عبارت است از:



### مثال ۵

پیل  $\text{In} | \text{In}^{3+} || \text{Cd}^{2+} | \text{Cd}$  را در حالت استاندارد و در حالتی که غلظتها

(E) آن مساوی صفر شود. در مورد بستگی E با E° و غلظت مواد شرکت کننده در واکنش کلی،



به دست آورده ایم،

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^\gamma \cdot a_D^\delta}{a_A^\alpha \cdot a_B^\beta}$$

در موقعی که واکنش به تعادل رسد، برای آن بایستی داشته باشیم،

$$0 = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^\gamma \cdot a_D^\delta}{a_A^\alpha \cdot a_B^\beta}$$

و یا،

$$E^\circ = \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_C^\gamma \cdot a_D^\delta}{a_A^\alpha \cdot a_B^\beta}$$

حاصل کسر بالا در موقع تعادل، همان ثابت تعادل (K<sub>a</sub>) می باشد (زیر نویس a به معنای آن است که کسر مورد بحث بر حسب فعالیت مواد شرکت کننده در واکنش نوشته شده است). با توجه به آن،

$$E^\circ = \frac{RT}{nF} \ln K_a$$

هرگاه کسر بالا را به طور تقریب بر حسب مولاریته مواد شرکت کننده در واکنش بنویسیم. به دست خواهیم آورد:

$$E^\circ = \frac{RT}{nF} \ln K_c$$

و یا،

$$E^\circ = \frac{1}{98444} \times 10^{-4} \frac{T}{n} \log K_c$$

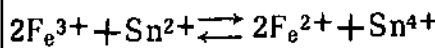
در نتیجه،

$$K_c = 10^{\frac{4 \cdot 10^4 n E^\circ}{98444 T}}$$

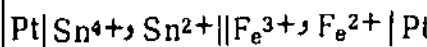
لازم است در نظر داشته باشیم که در رابطه بالا، E° بایستی بر حسب ولت بیان شود.

مثال ۶

ثابت تعادل واکنش



را در دمای ۲۹۸°K حساب می نمایم. در این واکنش چون Sn<sup>2+</sup> الکترون از دست می دهد، به عنوان جزئی از قطب منفی پیل مربوط می باشد. با توجه به آن پیل را که واکنش کلی آن همان واکنش فوق الذکر باشد، عبارت است از:



نیروی الکتروموتوری استاندارد این پیل برابر است با،

$$E^\circ = \epsilon^\circ - \epsilon^\circ = 0.771 - 0.150 = 0.621 \text{ ولت}$$

با توجه به آن مقدار ثابت تعادل برابر خواهد شد با،

$$K_c = 10^{\frac{4 \times 2 \times 0.621}{10 \cdot 1/98444 \times 298}} = 10^{21/1023} = 1.0286 \times 10^{21}$$

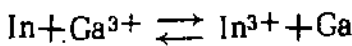
چون ثابت تعادل این واکنش فوق العاده

بزرگ است، می توان آن را در ردیف واکنشهای یکطرفه یا کامل در نظر گرفت. یعنی اگر یونهای Fe<sup>3+</sup> و Sn<sup>2+</sup> به نسبتهای مناسب در محلول قرار گیرند، تقریباً به طور کامل باهم واکنش داده و به یونهای Fe<sup>2+</sup> و Sn<sup>4+</sup> تبدیل می شوند. برای محاسبه ثابت تعادل در دمای ۲۹۸°K از رابطه زیر نیز می توان استفاده نمود:

$$K_c = 10^{\frac{nE^\circ}{0.059}}$$

مثال ۷

محاسبه ثابت تعادل واکنش



را مورد توجه قرار می دهیم. پیل که واکنش کلی آن به صورت واکنش بالا باشد، عبارت است از:



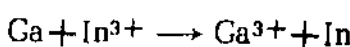
نیروی الکتروموتوری استاندارد این پیل برابر است با،

$$E^\circ = -0.530 - (-0.342) = -0.188 \text{ ولت}$$

با توجه به آن ثابت تعادل واکنش بالا برابر

$$K_c = 10^{\frac{-3 \times 0.188}{0.059}} = 10^{-9.559} = 2.7585 \times 10^{-10}$$

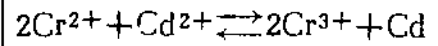
به طوری که دیده می شود ثابت تعادل این واکنش بسیار کوچک است. از این رو این واکنش در جهت مستقیم تقریباً غیر قابل انجام است. در مقابل واکنش معکوس آن که به صورت،



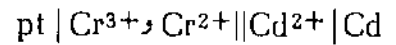
می باشد، کاملاً انجام پذیر بوده و ثابت تعادل آن نیز در حدود  $10^9 \times 3/6251$  می باشد که عدد بسیار بزرگی است.

### مثال ۸

ثابت تعادل واکنش



را در  $298^\circ K$  محاسبه می کنیم. پیل الکتروشیمیایی نیراین واکنش به صورت زیر است،



$$E^\circ = -0/410 - (-0/403)$$

پیل

$$= +0/007 \text{ ولت}$$

$$\frac{2 \times 0/007}{0/059}$$

$$k_c = 10$$

$$= 10^{0/2373} = 1/727 \text{ mol/l}$$

چون ثابت تعادل این واکنش چندان بزرگ نیست، نمی توان آنرا در ردیف واکنشهای کامل به شمار آورد.

### د- رقابت یونهای مختلف برای دریافت یا از دست دادن الکترون در فرآیند الکترولیز

در فرآیند الکترولیز، دو نوع نیم واکنش انجام می گیرد. در کاتد دستگاه الکترولیز (قطب منفی)، نیم واکنش کاهش رخ می دهد و در آن دستگاه الکترولیز (قطب مثبت)، نیم واکنش اکسیداسیون صورت می گیرد. در موقع الکترولیز، کاتیونها (یونهای حامل الکرسیته مثبت) از کاتد الکترون دریافت کرده و کاهش می یابند. در مقابل، آنیونها (یونهای حامل الکرسیته منفی) در آن الکترون از دست داده و اکسید می شوند. در جریان الکترولیز، کاتیونها پیوسته به طرف کاتد کشیده می شوند و آنیونها به سمت آند رهسپار می گردند. برای انجام

عمل الکترولیز بایستی يك اختلاف پتانسیل الکتريکی مناسب را در ظرف الکترولیز که محتوی محلول یا مذاب الکترولیت مورد نظر می باشد، برقرار نمود.

وقتی دو یا چند کاتیون در کاتد و یا دو یا چند آنیون در آند برای شرکت در نیم واکنش مربوط حضور داشته باشند، در کاتد، آن کاتیونی نخست وارد نیم واکنش می شود که تمایلش برای کاهش یافتن از تمایل کاتیونهای دیگر بیشتر باشد. همینطور، در میان آنیونها موجود در اطراف آند آن آنیونی نخست در نیم واکنش اکسایش شرکت می کند که تمایلش برای از دست دادن الکترون (اکسیداسیون) از تمایل آنیونهای دیگر بیشتر باشد.

میزان تمایل کاتیونها برای کاهش یافتن، در موقعی که در شرایط استاندارد قرار داشته باشند، از روی پتانسیل استاندارد کاهش الکترودی آنها، تعیین می شود. هر اندازه پتانسیل استاندارد کاهش مذکور کوچکتر باشد، کاتیون مربوط تمایل کمتری برای دریافت الکترون (کاهش یافتن) دارد.

برای مثال پتانسیلهای استاندارد کاهش الکترودی یونهای  $Cu^{2+}$  و  $Hg^{2+}$  که به ترتیب  $+0/337$  و  $+0/854$  ولت می باشد، این واقعیت را آشکار می کند که تمایل یونهای  $Hg^{2+}$  برای کاهش یافتن (دریافت الکترون) از یونهای  $Cu^{2+}$  بیشتر است. بنابراین هرگاه این دو نوع یون در حوالی کاتد يك ظرف الکترولیز قرار داشته باشند، نخست یونهای  $Hg^{2+}$  در نیم واکنش کاهش شرکت می کنند و این کاهش آنقدر ادامه می یابد تا اینکه غلظت یونها  $Hg^{2+}$  به حدی کم شود که فرصت کاهش یافتن برای یونهای  $Cu^{2+}$  نیز فراهم شود. در اینجا این سوال مطرح می شود که در چه غلظتی از یونهای  $Hg^{2+}$  امکان کاهش یافتن برای یونهای  $Cu^{2+}$  فراهم می شود. پاسخ این سوال آن است که موقعی یونهای  $Cu^{2+}$  می توانند کاهش یابند که دست کم پتانسیل کاهش الکترودی آنها  $(e)$  و نه  $(e^\circ)$  با پتانسیل کاهش الکترودی یونهای  $Hg^{2+}$  مساوی شود.

یعنی

$$E_{Cu^{2+}/Cu} \geq E_{Hg^{2+}/Hg}$$

از آنجا،

$$2e^\circ + 0/059 \log a_{Cu^{2+}} \geq E_{Cu^{2+}/Cu}$$

$$2e^\circ + 0/059 \log a_{Hg^{2+}} \geq E_{Hg^{2+}/Hg}$$

برای سهولت در محاسبه فعالیتها را با غلظتها مساوی می گیریم،

$$2 \times 0/337 + 0/059 \log [Cu^{2+}] \geq 2 + 0/854 + 0/059 \log [Hg^{2+}]$$

$$\log \frac{[Cu^{2+}]}{[Hg^{2+}]} \geq \frac{1/034}{0/059}$$

$$\frac{[Cu^{2+}]}{[Hg^{2+}]} \geq 10^{17/525} = 3/35 \times 10^{17}$$

بنابراین، موقعی امکان کاهش یافتن برای یونهای  $Cu^{2+}$  به وجود می آید که غلظت آنها در حدود  $3/35 \times 10^{17}$  برابر غلظت یونهای  $Hg^{2+}$  باشد. پیدا است که در چنین نسبتی از غلظتها، تقریباً بایستی عملاً کلیه یونهای  $Hg^{2+}$  وارد الکترولیز شوند تا نوبت الکترولیز به یونهای  $Cu^{2+}$  برسد.

اکنون رقابت یونهای  $Ba^{2+}$  و  $Ca^{2+}$  را برای کاهش یافتن، در غلظتهای استاندارد، با هم مقایسه می کنیم. معلومات لازم عبارتند از:

$$E^\circ_{Ba^{2+}/Ba} = -2/90 \text{ ولت}$$

$$E^\circ_{Ca^{2+}/Ca} = -2/87 \text{ ولت}$$

چون پتانسیل استاندارد کاهش الکترودی یونهای  $Ca^{2+}$  بزرگتر است، تمایل یونهای مذکور در غلظتهای یکسان، برای کاهش یافتن شدیدتر است. بنابراین، در جریان



نیم واکنش کاهش نخست یونهای  $Ca^{2+}$  کاهش می یابند. حال باید دید درجه غلظتی از یونهای  $Ca^{2+}$ ، یونهای  $Ba^{2+}$  نیز فرصت کاهش یافتن پیدا می کنند:

$$-2/87 + \frac{0/059}{2} \log [Ca^{2+}]$$

$$\leq -2/90 + \frac{0/059}{2} \log [Ba^{2+}]$$

$$\log \frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} \geq 1$$

$$\frac{[Ba^{2+}]}{[Ca^{2+}]} \geq 10$$

به این ترتیب وقتی که غلظت یونهای  $Ba^{2+}$  در حدود ده برابر غلظت یونهای  $Ca^{2+}$  باشد، یونهای  $Ba^{2+}$  نیز می توانند همراه با یونهای  $Ca^{2+}$  وارد نیم واکنش کاهش شوند.

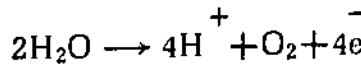
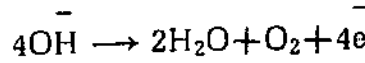
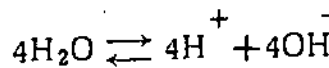
در پایان این بحث، مسئله رقابت آنیونهای برای اکسید شدن را مورد توجه قرار می دهیم. در رقابت آنیونها باید دید، آنیونی برای اکسید شدن دارای تمایل شدیدتری است که پتانسیل کاهش الکترودی آن کوچکتر باشد. برای مقایسه تمایل آنیونها جهت اکسید شدن می توان از پتانسیلهای اکسایش الکترودی نیز کمک گرفت. در این صورت آنیونی که پتانسیل اکسیداسیون الکترودی آن بزرگتر باشد، برای اکسیداسیون آندی آماده تر است. پتانسیل اکسیداسیون الکترودی هر زوج اکسیداسیون - احیا، از لحاظ قدر مطلق، با پتانسیل کاهش الکترودی آن زوج مساوی است؛ اما علامت جبری آنها مخالف یکدیگر می باشد (البته دما و غلظت در دو حالت یکسان است) برای مثال، پتانسیل استاندارد

کاهش الکترودی زوج  $Cl_2$  و  $Cl^-$  برابر با  $+1/34$  ولت است که با توجه به آن، پتانسیل استاندارد اکسیداسیون زوج مذکور برابر با  $-1/34$  ولت می شود. اکنون به عنوان مثال چگونگی اکسید شدن آب و یونهای  $Cl^-$  در محلول آبی را

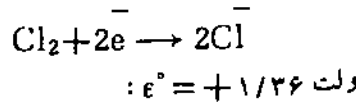
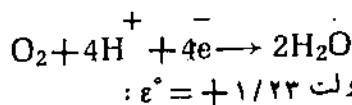
مورد مطالعه قرار می دهیم. در الکترولیز محلول غلیظ  $NaCl$ ، گاز کلر در اطراف آند (قطب مثبت) متصاعد می شود. این امر گویای اکسیداسیون یونهای  $Cl^-$  در قطب مثبت است (در قطب منفی کلا\* آب به  $H_2$  و  $OH^-$  احیا می شود).

در قطب مثبت:  $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$   
ظرف الکترولیز در الکترولیز محلول رقیق  $NaCl$ ، هم گاز کلر و هم گاز اکسیژن در اطراف آند تشکیل می شود. یعنی،

علاوه بر اکسیداسیون یونهای  $Cl^-$  در آند، آب نیز طبق معادله زیر در آن اکسید می شود.

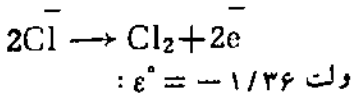
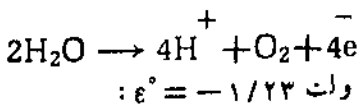


در الکترولیز محلول بسیار رقیق  $NaCl$ ، مقدار ناچیزی گاز کلر و مقدار قابل توجهی گاز اکسیژن در آند، نشانه آن است که آب طبق نیم واکنش اکسیداسیون بالا در اطراف آند اکسید شده و اکسیژن را آزاد می نماید. می توان نتایج بالا را با استفاده از پتانسیلهای استاندارد کاهش الکترودی توضیح داد.



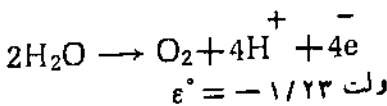
با در نظر گرفتن این نکته که پتانسیلهای بالا تفاوت زیادی از هم ندارند، این نتیجه حاصل می شود که سه ولت اکسیداسیون آندی آب و یونهای  $Cl^-$  تا حدودی مانده

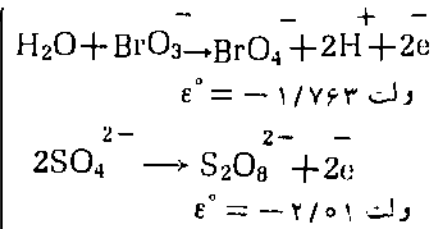
می باشد. البته در شرایط استاندارد تمایل آب برای اکسید شدن، از تمایل یونهای  $Cl^-$  بیشتر است؛ زیرا همانطوری که ملاحظه می شود، پتانسیل استاندارد کاهش الکترودی آن از پتانسیل مربوط به یونهای  $Cl^-$  کوچکتر است. به بیان دیگر، پتانسیل استاندارد اکسایش الکترودی آب (ولت  $+1/23$ ) از پتانسیل نظیر آن برای یونهای  $Cl^-$  (ولت  $+1/34$ ) بزرگتر می باشد.



به همین ترتیب می توان رقابت آنیونهای دیگر برای اکسید شدن را مورد بررسی قرارداد. به عنوان مثال الکترولیز محلولی که دارای اسید سولفوریک و اسید برمیک می باشد، مورد توجه قرار می دهیم. در این شرایط فقط یونهای  $H^+$  برای کاهش یافتن، در کاتد حضور دارند و در نتیجه رقابتی در کار نیست و یونهای مذکور، خواه از تفکیک آب به دست آمده باشند، و خواه از یونیزاسیون اسید سولفوریک یا اسید برمیک حاصل شده باشند، با دریافت الکترون از کاتد به گاز  $H_2$  کاهش می یابند.

در آند یونهای  $OH^-$  حاصل از تفکیک آب، یونهای  $SO_4^{2-}$  حاصل از یونیزاسیون اسید سولفوریک و یونهای  $BrO_3^-$  از اسید برمیک، برای شرکت در نیم واکنش آندی حضور دارند. برای پیش بینی اینکه تمایل کدام آنیون برای اکسید شدن شدیدتر است، بایستی به پتانسیلهای استاندارد اکسیداسیون الکترودی آنها توجه نمود.





با در نظر گرفتن این پتانسیلها، به آسانی معلوم می شود که در شرایط استاندارد، سهولت اکسیداسیون آندی آب از دو نوع یون دیگر بیشتر است. از همین رو در موقع الکترولیز محلول بالا گاز اکسیژن، طبق نیم واکنش مربوط، در آند تشکیل می شود. حال اگر غلظت یونهای  $\text{BrO}_3^-$  در محلول فوق العاده زیاد باشد، ممکن است یونهای مذکور نیز در اکسیداسیون آندی شرکت نمایند. یونهای  $\text{SO}_4^{2-}$  در مقایسه با دو نوع آنیون دیگر بسیار پایدارند و از همین رو به این آسانی در نیم واکنش اکسایش شرکت نمی کنند.

### ه - فوق ولتاژ

در بحث مربوط به مقایسه تمایل یونها برای شرکت در فرآیند الکترولیز، از موضوع فوق ولتاژ (Overvoltage) که در الکترولیز اغلب الکترولیتها مشاهده می شود، به منظور ساده تر شدن بحث، صرف نظر نمودیم. اما از آنجا که پدیده فوق ولتاژ در فرآیند الکترولیز دارای اهمیت بسیار زیادی است به شرح مختصری از آن می پردازیم.

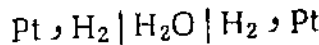
هر پیل الکتروشیمیایی، در شرایط برگشت پذیری و در دما و غلظت معینی، دارای نیروی الکتروموتوری (E) معینی است. این نیروی الکتروموتوری پیل برابر با اختلاف میان پتانسیلهای الکترودی دو نیم پیل آن در موقعی است که هیچ جریانی الکتریکی از آن عبور ننماید، (در جریان صفر). حال اگر جریانی به شدت (i) از پیل عبور نماید، پتانسیلهای هر دو الکتروآند، به نحو متفاوتی نسبت به حالتی که هیچ جریانی از آن نمی گذرد ( $i=0$ )، تغییر می کند. هرگاه پتانسیل

الکترودی یک نیم پیل در شدت جریان صفر، (در حالت برگشت پذیری) برابر با  $E(0)$  بوده و در شدت جریان  $i$  مساوی با  $E(i)$  باشد، در آن صورت به اختلاف میان آن دو،  $\eta = E(i) - E(0)$ ، فوق ولتاژ گفته می شود.

مقدار فون ولتاژ ( $\eta$ ) هر زوج تابع عوامل مختلفی نظیر، شدت جریان، مراحل و سرعت نیم واکنشهای الکترودی، جنس الکتروودان اندازه سطح و چگونگی آن، حالت فیزیکی مواد واکنش دهنده و محصولات نیم واکنش الکترودی و چگونگی جذب سطحی آنها بر روی سطح الکتروود یا نفوذ آنها در محلول اطراف الکتروود و تغییر غلظت محلول اطراف الکتروود در نتیجه فرآیند الکترولیز و نظائر آنها می باشد.

فوق ولتاژ در مورد رسوب دادن فلزات از راه الکترولیز ناچیز است. در مقابل، مقدار آن در نیم واکنشهایی که با تولید گاز، مخصوصاً گازهای نیدروژن و اکسیژن، همراه است، قابل توجه می باشد.

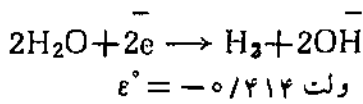
برای روشن تر شدن موضوع، الکترولیز آب که به آن چندقطره اسید اضافه شده است، مورد توجه قرار می دهیم. در اولین لحظه ای که دو الکتروود ظرف تجزیه آب، به دوسر یک باطری مناسب وصل شود، مقداری گاز نیدروژن در اطراف کاتد و مقداری گاز اکسیژن در اطراف آند تشکیل می شود. همینکه مقدار ناچیزی از گازهای مذکور تشکیل شد، ظرف الکترولیز در نقش یک پیل الکتروشیمیایی به صورت،



ظاهر شده و یک نیروی الکتروموتوری در خلاف جهت ولتاژ خارجی که برای الکترولیز به کار گرفته شده است، ایجاد می نماید. هرگاه ولتاژ خارجی از نیروی الکتروموتوری پیل تشکیل شده کوچکتر باشد، الکترولیز متوقف می شود. اما اگر ولتاژ خارجی به مقدار مناسبی از ولتاژ پیل بزرگتر باشد، فرآیند الکترولیز ادامه می یابد. نیروی الکتروموتوری پیل بالا

در حدود  $1/23$  ولت می باشد. بنابراین اگر فوق ولتاژ در کار نمی بود، برای ادامه یافتن الکترولیز کافی بود که ولتاژ خارجی به مقدار بسیار جزئی از  $1/23$  ولت بزرگتر باشد. اما به طوری که تجربه نشان می دهد، برای ادامه یافتن الکترولیز آب، ولتاژ خارجی بایستی در حدود یک ولت از نیروی الکتروموتوری پیل تشکیل شده بزرگتر باشد. این مقدار اضافی به فوق ولتاژ آزاد شدن گاز نیدروژن (در حدود  $0/3$  ولت) و گاز اکسیژن (در حدود  $0/6$  ولت) مربوط می شود.

پتانسیل کاهش الکترودی آب برابر با  $E^\circ = -0/414$  ولت است.



به این ترتیب، از لحاظ نظری بایستی آن عده از کاتیونهایی که پتانسیل کاهش الکترودی آنها از  $-0/414$  ولت کوچکتر است، نتوانند در محلولهای آبی، به هنگام الکترولیز، در کاتد کاهش یابند. اما به طوری که تجربه نشان می دهد، یونهای  $\text{Zn}^{2+}$  در محلول آبی که دارای پتانسیل کاهش الکترودی در حدود  $0/76$  ولت می باشند، به آسانی در کاتد دستگاه الکترولیز کاهش یافته و به صورت Zn ته نشین می شوند. علت این موضوع آن است که فوق ولتاژ نیدروژن باعث می شود که واکنش کاهش آب در کاتد دشوارتر انجام گیرد و در عمل پتانسیل کاهش الکترودی آب کوچکتر از مقدار نظری آن گردد و مثلاً در حدود همان پتانسیل کاهش یونهای روی  $0/76$  ولت برسد.

در الکترولیز محلول  $\text{NaCl}$  در آب، همانظوری که قبلاً هم بحث کردیم، یونهای  $\text{Cl}^-$  و  $\text{OH}^-$  حاصل از تفکیک آب، برای اکسید شدن، در آند با هم رقابت دارند. پتانسیل اکسایش الکترودی یونهای  $\text{OH}^-$

# در دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش

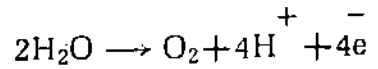
گزارشی از

برادر علی اکبر نوروزی



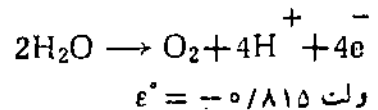
## کتاب‌های شیمی چگونه تألیف، تغییر و اصلاح می‌شوند؟

حاصل از آب و یونهای  $Cl^-$  به ترتیب برابر با  $0/815 -$  و  $1/36 -$  ولت می‌باشد. می‌دانیم که آنیونی بایستی نخست در اکسایش آندی شرکت کند که پتانسیل اکسایش الکترودی آن بزرگتر است، پس در الکترولیز محلول  $NaCl$  بایستی کلاً آب طبق نیم واکنش

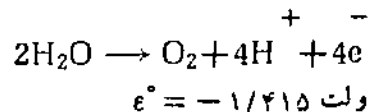


در آند اکسید شود. اما همانطوری که تجربه نشان می‌دهد، در الکترولیز محلول نمک طعام غلیظ یا متوسط، گاز کلر در اطراف آند تولید می‌شود. در اینجا، علت این موضوع به فوق ولتاژ اکسیژن (در حدود  $0/6$  ولت) مربوط می‌شود که آزاد شدن اکسیژن را دشوار می‌کند و عملاً پتانسیل اکسایش آندی آب را در حد کوچکتر از پتانسیل مربوط به اکسایش

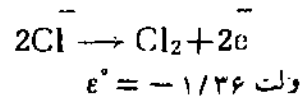
یونهای  $Cl^-$  می‌رساند. در مقابل فوق ولتاژ گاز کلر ناچیز می‌باشد.



بدون احتساب  $\eta_{O_2}$



با احتساب  $\eta_{O_2}$



اکنون پس از شرح کسوتاهی از پدیده فوق ولتاژ، لزوماً متذکر می‌شویم که در مطالعه رقابت یونها برای شرکت در فرآیند الکترولیز، بدون شك بایستی فوق ولتاژ شرکت کننده‌ها را به دقت مورد توجه قرار داد و به‌طور صحیح مقادیر هر یک از آنها را در پیشگوییها و نتیجه گیریهای مربوط به رقابت کاتیونها در فرآیند الکترولیز دخالت داد.

مقدمه:

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی یکی از شاخه‌های معاونت وزارت آموزش و پرورش است که کار پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش در آنجا انجام می‌پذیرد.

برنامه‌ریزی آموزشی شامل برنامه‌ریزی درسی و برنامه‌ریزی غیردرسی (کمک آموزشی) است که برنامه‌ریزی درسی، در دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف، و برنامه‌ریزی کمک آموزشی هماهنگ با برنامه‌ریزی درسی، در دفتر امور کمک آموزشی و کتابخانه‌ها صورت می‌گیرد. باید متذکر شد که دفتر امور هنری و دفتر پژوهش نظام‌های جهانی نیز در برنامه‌ریزی آموزشی سهمی دارند.

## سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی دارای پنج دفتر است که عبارتند از:

(دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی، دفتر امور کمک آموزشی، دفتر امور هنری، دفتر پژوهش نظام‌های جهانی و دفتر چاپ و توزیع).

برنامه‌ریزی درسی به آن نوع برنامه‌ریزی گویند که دانش آموز، محتوای آن برنامه را که به صورت کتاب درسی درآمده است امتحان داده و پس از موفقیت در امتحان، مدرک تحصیلی رسمی از طرف وزارت آموزش و پرورش به او داده می‌شود.

### برنامه‌ریزی درسی شیمی چگونه انجام می‌گیرد؟

وزارت آموزش و پرورش دارای اهدافی است که شامل اهداف آموزشی و اهداف پرورشی است و این اهداف نیز از اهداف کلی کشور نشأت گرفته‌اند. وزارت آموزش و پرورش امیدوار است که فارغ‌التحصیلان خود، به کلیه اهداف تعیین شده رسیده تا در جامعه فردی مفید و مؤثر باشند. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی در نتیجه دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف، عهده دار به انجام رساندن قسمتی از اهداف وزارت آموزش و پرورش است.

بنابراین با توجه به اهداف، نیاز بودن درس شیمی در رشته‌ای (مثلاً یکی از رشته‌های درسی وزارت آموزش و پرورش) احساس می‌شود.

بعضی از اصول قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران که تأکید بر فراگیری علوم و فنون دارد و نیز بعضی از اهداف وزارت آموزش و پرورش که آن‌هم تأکید در یادگیری علوم دارد و هم چنین هدفهای عمومی و اختصاصی درس شیمی در رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک ذیلاً بیان شود:

### اصل دوم، سوم و چهارم و سوم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران

اصل ۲- استفاده از علوم و فنون و تجارب پیشرفته بشری و تلاش در پیشبرد آنها.

اصل ۳- تأمین خودکفایی در علوم و فنون و صنعت و کشاورزی و امور نظامی و ماندگاری آنها.

اصل ۴۳- استفاده از علوم و فنون و تربیت افراد ماهر به نسبت احتیاج برای توسعه اقتصاد کشور.

با توجه به اصول فوق، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که یادگیری علم ضروری و فریضه می‌باشد. چون شیمی هم شاخه‌ای از علم است پس یادگیری شیمی در هر نظام آموزشی در ایران





لازم است. در هدف های وزارت آموزش و پرورش نیز با توجه به اصول قانون اساسی به یادگیری علم تأکید شده است. بعضی از هدفهای اساسی تعلیم و تربیت در جمهوری اسلامی ایران که در سیصد و بیست و پنجمین جلسه شورای عالی آموزش و پرورش مورخ ۱۳۶۲/۹/۲۳ به تصویب رسیده است ذیلاً ذکر می گردد:

#### الف - اهداف معنوی و تربیتی:

- ۱: رشد فضایل اخلاقی براساس ایمان به خدا و تقوی.
- ۲: تقویت روح بررسی و تتبع و تحقیق و ابتکار در تمام زمینه های علمی و فنی، فرهنگی و اسلامی.

#### ب - اهداف علمی و فرهنگی:

- ۱- شناخت اسرار جهان آفرینش و کشف قوانین طبیعت به منظور پیشبرد دانش و استفاده از علوم و فنون و تجارب پیشرفته بشری.
- ۲- رشد مستمر علمی و فنی در زمینه های کشاورزی و صنعتی و امور نظامی و مانند اینها.
- ۳- تربیت افراد متعهد و آگاه و ماهر برای پیشرفت همه جانبه کشور.

#### ج - اهداف اقتصادی:

- ۱- ایجاد آمادگی و توانایی جهت مشارکت فعال در تولیدات کشاورزی، دامی، صنعتی برای تأمین خودکفایی و رهایی از وابستگی.
  - ۲- رعایت اصول بهداشت و حفاظت محیط زیست به عنوان يك وظیفه عمومی.
- با توجه به اهداف یادشده، نتیجه می شود که در آموزش و پرورش، تاچه اندازه به یادگیری علم باید توجه شود.

#### هدفهای عمومی درس شیمی:

این هدفها از هدفهای کلی آموزش و پرورش در جمهوری اسلامی ایران گرفته شده اند و درس شیمی نیز می تواند یادگیرنده را به این هدفها برساند:

- ۱- پرورش انسانی مؤمن به خدا از طریق توجهدادن آنها به تفکر در قوانین خلقت و نظام پیچیده حاکم بر آنها.
- ۲- ایجاد زمینه مساعد در جهت رشد و شکوفایی استعدادها.
- ۳- پرورش دید علمی و ایجاد علاقه به حل مسائل و مشکلات از طریق روش علمی.
- ۴- ایجاد علاقه به کار و تلاش و ابتکار برای تولید هر چه بیشتر در جهت تأمین نیازمندیها و رسیدن به استقلال اقتصادی.
- ۵- تشویق و ترغیب افراد به ابداع و اختراع و استفاده از علوم و فنون و تجربیات مفید دیگران با توجه به استقلال فرهنگی و علمی و برقراری ارتباط با دیگر جوامع علمی جهان.
- ۶- شناخت بعضی از دانشمندان که در زمینه علم شیمی تحقیقات و تألیفات دارند. به طور اعم پرورش حس احترام به دانش و دانشمندان و ایجاد اشتیاق در تحصیل علم و رسیدن به مدارج عالی علمی.
- ۷- ایجاد شناخت و قدرت تجزیه و تحلیل.
- ۸- تقویت روح تعاون در انجام کارها.
- ۹- ایجاد روحیه نظم و انضباط.
- ۱۰- تربیت افراد بگونه ای که پاکیزگی و نظافت را به عنوان يك وظیفه عمومی مورد توجه قرار دهند و در پاکیزه نگهداشتن بدن و لباس و محیط کار و زندگی بکوشند.





۱۱- پرورش افراد بگونه‌ای که اصول بهداشتی جسم و روان را دقیقاً بدانند و بر مراعات آنها در زندگی خوب بگیرند.

۱۲- به کار بردن وساخت بعضی از وسائل علمی ساده جهت رسیدن به خودکفایی.

۱۳- تقویت روح بررسی و تتبع و تحقیق و ابتکار در زمینه‌های علمی و فنی.

### هدفهای اختصاصی درس شیمی در دوره ۴ساله دبیرستان رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

- ۱- شناخت مواد شیمیایی و ارتباط آنها با زندگی انسان.
- ۲- آموختن اصول کار آزمایشگاهی.
- ۳- آموختن اصول صحیح استفاده از وسائل آزمایشگاهی.
- ۴- رعایت نکات ایمنی به هنگام آزمایش با وسائل و مواد شیمیایی.
- ۵- آموختن برخی اصول و تئوریهای علم شیمی.
- ۶- آموختن ماهیت تغییر و تبدیلهای شیمیایی.
- ۷- آموختن اینکه تعداد مواد شیمیایی زیاد است و از اینرو آموختن اصول ساده طبقه‌بندی لازم است.
- ۸- قرار گرفتن در جریان آخرین اطلاعات مربوط به شیمی در حدود برنامه.
- ۹- پرورش حس کنجکاری نسبت به پدیده‌های شیمی.
- ۱۰- آشنایی با روش کار دانشمندان شیمی در حدود برنامه.
- ۱۱- آشنایی با جریان رشد و تکمیل علم شیمی با توجه به نیازها.
- ۱۲- ضمن آشنایی با بعضی استثناها در شیمی، این واقعیت درک شود که بعضی از اصول و تئوریهای شیمی تغییرپذیر بوده و به مرور کامل‌تر می‌شوند.
- ۱۳- آموختن اهمیت شیمی و تأثیر آن بر اقتصاد و تمدن بشر.
- ۱۴- درک پیوستگی علم شیمی با سایر رشته‌ها.
- ۱۵- آشنایی با برخی صنایع مهم، مخصوصاً صنایعی که در اقتصاد ایران مؤثر است.
- ۱۶- پی بردن به ارتباط شیمی با محیط زیست.

### حال باید دید که این نیاز چگونه برطرف می‌شود؟

در گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف، چندتن از استادان شیمی دانشگاهها، مدرسین مراکز تربیت معلم، دبیران دبیرستانها و هنرستانها، موفقی و کارشناسان عضویت دارند که سابقه خدمت هیچ يك از آنان کمتر از بیست و پنج سال نیست. اعضای گروه شیمی، هدف تشکیل آن رشته به‌خصوص را به‌دقت بررسی کرده و سپس مشخص می‌کنند که درس شیمی در آن رشته، حکم درس اصلی را دارد یا پیش نیاز برای یادگیری دروس اصلی دیگر است. برای توجیه بیشتر این واقعیت به ذکر مثالی اکتفا می‌گردد. درس شیمی در رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک حکم درس اصلی را دارد زیرا دانشجویان رشته‌های دانشگاهی (شیمی محض دانشکده‌های علوم؛ مهندسی شیمی دانشکده‌های فنی، داروسازی، دندانپزشکی، پزشکی، کشاورزی و...) همه از فارغ‌التحصیلان این دوره‌ها انتخاب می‌شوند. ولی درس شیمی در رشته‌های مثلاً علوم انسانی (فرهنگ و ادب، اقتصاد اجتماعی) و بهداشتی (بیماری - کودکیاری - بهداشت محیط)، درس پیش نیاز برای یادگیری دروس اصلی است. در دوره دبیرستان، رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک که درس شیمی یکی از دروس اصلی محسوب می‌شود، دانش‌آموزان يك دوره شیمی عمومی را که از سطح مقدماتی شروع شده و به سطح پیشرفته می‌رسد فرا می‌گیرند. قابل تذکر است که در این دوره، علاوه





بر یادگیری مفاهیم علم شیمی معمول در دنیای پیشرفته علمی، دانش آموزان با شرح حال دانشمندان شیمی ایرانی و نیز با بعضی از صنایع مهم ایران آشنا می‌شوند.

در این دوره ارتباط عمودی وافقی درس شیمی حفظ شده است (منظور از ارتباط عمودی، یعنی درس شیمی چهار ساله دبیرستان به یکدیگر وابسته است و بدون یاد گرفتن مطالب سال قبل، نمی‌توان مطالب سال بعد را فراگرفت و منظور از ارتباط افقی، یعنی درس شیمی آن سال، هماهنگ با سایر دروسی است که دانش آموز در همان سال می‌خواند به خصوص فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی). البته باید توجه داشت که فقط کتاب و یا ریز برنامه به تنهایی نمی‌توانند دانش آموز را به اهداف تعیین شده برسانند بلکه کتاب و یا ریز برنامه، قسمتی از عوامل هدایت‌کننده دانش آموز به آن اهداف است. گروه شیمی با توجه به مراتب یاد شده (اهداف وزارت آموزش و پرورش و هدف‌های عمومی و اختصاصی درس شیمی در آن رشته دبیرستانی و یا هنرستانی)، رئوس مطالب ضروری برای هر سال را با توجه به ساعات تدریس آن، تعیین و سپس فصل بندی کرده و ریز برنامه گسترده‌ای را برای هر فصل می‌نویسد. در نوشتن ریز برنامه شیمی برای هر سال، جدیدترین کتابهای درسی شیمی سایر کشورها نیز مدنظر قرار می‌گیرند. (سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، هر ساله آخرین چاپ کتاب‌های درسی سایر کشورها را در اختیار گروه‌های درسی قرار می‌دهد). پس از تنظیم ریز برنامه درسی، گروه شیمی، مؤلف و یا مؤلفان را تعیین و این مؤلفان شروع به نوشتن کتاب می‌کنند. پس از آنکه نوشتن کتاب به اتمام رسید و پس از ویراستاری، نسخه خطی و یا ماشین شده، به دفتر چاپ و توزیع ارسال می‌گردد تا مرحله چاپ آن نیز به پایان برسد. کتاب شیمی پس از یکسال تدریس در دبیرستان، دبیران شیمی، پیشنهادات و نظریات خود را چه به صورت فردی و یا گروهی در مورد آن کتاب شیمی، به گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف ارسال می‌دارند. گروه شیمی که هفته‌ای یکبار تشکیل جلسه می‌دهد کلیه پیشنهادات رسیده را مورد توجه قرار داده و نکات مثبت آنها را در تغییر و اصلاح همان کتاب به کار می‌بندد و این کار همه ساله در گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف انجام می‌گیرد. پس، کتاب‌های شیمی دبیرستانی چاپ ۱۳۶۴، نتیجه برنامه‌ریزی، تألیف، تغییر و اصلاحات چندساله بوده که با توجه به پیشنهادات و نظریات دبیران و گروه‌های آموزشی شیمی سراسر کشور صورت پذیرفته است. گاهی تغییرات و اصلاحات کتاب شیمی به‌طور مقطعی صورت می‌گیرد. مثلاً ساعت درس شیمی در یک کلاس به‌خصوص، به‌طور اجتناب‌ناپذیر کم می‌شود که در این صورت گروه شیمی، اجباراً تغییراتی را در کتاب باید بدهد که به ارتباط عمودی وافقی لطمه نخورده و محتوای کتاب نیز متناسب با ساعت تعیین شده باشد که این کاری است بسیار مشکل (البته قسمت عمده این مشکل را دبیران محترم و همکاران ارجمند با تجزیات خود حل می‌کنند که از زحمات آنان تشکر می‌شود). اینک نمونه‌ای از اعمال پیشنهادات و نظریات دبیران محترم شیمی در کتابهای شیمی چاپ ۱۳۶۴ ذکر می‌گردد.

سرگروه محترم شیمی شهرستان گنبد از استان مازندران در آبان ماه ۱۳۶۳ اظهار نظر می‌کرد که با توجه به شکل صفحه ۵ شیمی سال چهارم تجربی - ریاضی و فیزیک چاپ ۱۳۶۳ و جدول صفحه ۳۵ همان کتاب، دانش آموز سؤال می‌کند که برای شعاع اتمی فلئور دو عدد متفاوت نوشته اند علت چیست؟ پس از دادن جواب مستقیم به خود ایشان، مراتب در گروه شیمی بررسی و به این نتیجه رسیدیم که تعریف‌های شعاع کووالانسی و اندروالی در همان صفحه ۵ کتاب نوشته شود. از این رو در چاپ ۱۳۶۴ کتاب شیمی چهارم تجربی - ریاضی و فیزیک، این تعریف‌ها نوشته شده است.

هم‌چنین بعضی از اعضای گروه شیمی در جلسات سرگروه‌های شیمی استان تهران که در محل آموزش و پرورش تهران تشکیل می‌گردد شرکت می‌کنند. در یکی از این جلسات، یکی از سرگروه‌های محترم شیمی مناطق تهران اظهار می‌کرد که با توجه به  $K_8$  اکساید های





کله، دانش آموزان درمورد چگونگی  $K_a$  اسیدهای فسفر نیز سئوالاتی را مطرح می‌کنند که در کتاب درسی شیمی سال چهارم رشته تجربی - ریاضی و فیزیک به آنها اشاره نشده است. این موضوع در گروه شیمی مطرح و به این نتیجه رسیدیم که  $K_a$  اسیدهای فسفر نیز در کتاب درسی نوشته شود که در صفحه ۶۱ چاپ ۱۳۶۳ منظور شد و در چاپ ۱۳۶۴ نیز موجود است. سرگروه محترم شیمی کوهپایه اصفهان پیشنهاد کرده بود که نقاط ذوب و جوش الیاس در شیمی سال دوم رشته علوم تجربی - ریاضی و فیزیک نوشته شود که در چاپ ۱۳۶۴ انجام شده است. نمونه‌های دیگر از این قبیل پیشنهادات اعمال شده در کتاب فراوان است که از همه دبیران محترم شیمی تشکر می‌شود.

اما مختصری درمورد شیمی دبیرستانی چاپ ۱۳۶۴ رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک

#### ۱- شیمی سال اول علوم تجربی - ریاضی و فیزیک:

این کتاب تغییر چندانی نسبت به چاپ ۱۳۶۳ نکرده و فقط با توجه به پیشنهادات رسیده اصلاحات مختصری در آن صورت گرفته است به طوری که دانش آموزان می‌توانند از چاپ ۱۳۶۳ نیز استفاده کنند. اما، لازم است که دبیران محترم شیمی یک نسخه از چاپ ۱۳۶۴ را داشته باشند.

#### ۲- شیمی سال دوم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک:

این کتاب نیز تغییر چندانی نسبت به چاپ ۱۳۶۳ نکرده و اصلاحات مختصری در آن صورت گرفته است. دانش آموزان می‌توانند از چاپ ۱۳۶۳ نیز استفاده کنند. ولی بهتر است که دبیران محترم شیمی یک نسخه از چاپ ۱۳۶۴ را داشته باشند.

#### ۳- شیمی سال سوم علوم تجربی - ریاضی و فیزیک:

چون مطالب علوم تجربی یعنی فیزیک، شیمی و طبیعی بین المللی هستند بنابراین علم شیمی نیز از این امر مستثنی نبوده و همیشه از نظریه (تئوری)، قاعده، فرضیه، اصول و قراردادهای بین المللی تبعیت کامل می‌نماید. استحضار دارید که جدول  $E^\circ$  موجود در این کتاب، بر مبنای پتانسیل اکسیداسیون استاندارد بوده است ولی  $E^\circ$  های به کار رفته در شیمی دانشگاهی، چندسالی است که بر مبنای پتانسیل احیا نوشته شده‌اند. بنابراین اظهار بعضی از اساتید دانشگاه، این دوگانگی باعث زحمت استاد و دانشجو می‌شود. از طرفی چندسالی است که طبق قرارداد ایوپاک (International Union of pure and applied chemistry) IUPAC در اغلب کشورهای جهان از  $E^\circ$  های پتانسیل احیا استفاده می‌شود. به عنوان مثال در کتابهای درسی شیمی چاپ ۱۹۸۴ سایر کشورها که در سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی موجود است نیز از  $E^\circ$  های پتانسیل احیا استفاده شده است. از اینرو، در این کتاب تغییر مفهومی اساسی داده شده و یا به عبارت دیگر از  $E^\circ$  های پتانسیل احیا استفاده شده است. چون تغییر مبنای  $E^\circ$ ، باعث تغییر مطلب درسی نیز می‌شود و این مفهوم در بین دانش آموزان و دبیران محترم شیمی تازگی دارد از اینرو توصیه شده است که تمام دانش آموزان سراسر کشور از شیمی سال سوم چاپ ۱۳۶۴ استفاده کنند.

نکته دیگری که درمورد شیمی سال سوم قابل تذکر است موضوع ساعات تدریس هفتگی این کتاب می‌باشد.

همکاران محترم توجه دارند که به علت اجرای طرح کاد در وزارت آموزش و پرورش، از بعضی از دروس هر کلاس به میزان معینی کسر شده است و این موضوع درمورد اغلب دروس صادق است. از آنجایی که از ساعات شیمی سال‌های اول، دوم و چهارم رشته‌های علوم تجربی - ریاضی و فیزیک، ساعتی برای طرح کاد کسر نشده است لذا اجباراً از شیمی سال سوم در سال تحصیلی ۶۴-۱۳۶۳ کسر شد. برای جبران این نقیصه، در چاپ ۱۳۶۳ مقداری از مطالب







غیر ضروری تر حذف، تغییر و یا اصلاح گردید که تا اندازه ای حجم کتاب، متناسب با ساعت تدریس تعیین شده باشد. از آنجایی که بنا به عللی ساعت مستقل تفکیکی برای آزمایشگاههای دروس علوم تجربی در نظر گرفته نشده و خود کتاب کلاس دارای سه فصل اساسی است و حذف هر یک از فصول کتاب، خللی در امر آموزش شیمی سال چهارم به وجود خواهد آورد لذا حذف، کم کردن و یا تغییر و اصلاح بیش از مقدار معین و امکان پذیر نبوده و از این رو بعضی از همکاران در مورد حجم کتاب پیشنهاداتی داشتند. با توجه به پیشنهادات، گروه شیمی مراتب را مطرح و خوشبختانه ساعت مستقل آزمایشگاهی (یک ساعت) برای این درس منظور شد که در اختیار دبیر همین درس قرار گیرد. بنابراین در سال تحصیلی ۶۴-۶۵، برای شیمی سال سوم، یک ساعت کامل علاوه بر ساعات معین شده سال قبل در اختیار دبیر شیمی سال سوم خواهد بود. امیدواریم با همکاری دبیران محترم شیمی این امر به بهترین وجه صورت پذیرد. در ضمن از همکاری صمیمانه دبیران محترم شیمی کلاس های سوم تجربی - ریاضی و فیزیک که در سال تحصیلی ۶۳-۶۴ نهایت کوشش را در امر آموزش این کتاب نموده اند تشکر و قدردانی می شود.

علاوه بر جزوه راهنمای تدریس این کتاب که از سال های قبل به همکاران تقدیم شده است، گروه شیمی اقدام به تهیه کتاب معلم شیمی سال سوم نموده است که امیدواریم هر چه زودتر این امر پایان پذیرفته و کتاب، قبل از آغاز سال تحصیلی ۶۵-۶۴ در اختیار دبیران قرار گیرد. در ضمن برای آشنایی بیشتر دبیران شیمی با  $E^{\circ}$  پتانسیل احیا و کسب آمادگی لازم برای تدریس شیمی سال سوم چاپ ۱۳۶۴، تا قبل از چاپ کتاب معلم شیمی سال سوم، توجه همکاران را به مطالعه مقالات تهیه شده توسط دکتر حسین آقائی استاد شیمی فیزیک دانشگاه تربیت معلم تهران که در صفحه ۳۱ مجله رشد آموزش شیمی شماره ۱ سال اول و صفحه ۱۹ مجله رشد آموزش شیمی شماره ۲ سال اول چاپ شده است جلب می نماید.

#### ۴- شیمی سال چهارم تجربی - ریاضی و فیزیک:

در سال تحصیلی ۶۳-۶۴، یک ساعت از شیمی رشته ریاضی کم شده بود و به همین دلیل شیمی رشته تجربی - ریاضی و فیزیک از نظر ساعات تدریس و حجم مطالب با همدیگر فرق داشتند. خوشبختانه در سال تحصیلی ۶۴-۶۵، این اختلاف از بین رفته و مجدداً یک ساعت دیگر به ساعات شیمی رشته ریاضی و فیزیک افزوده گردید. به عبارت دیگر ساعات تدریس شیمی سال چهارم همان است که در سال های قبل بوده است. اما با توجه به پیشنهادات و اینکه قسمتی از پیوندهای ذکر شده در فصل اول، همان است که دانش آموزان در شیمی سال دوم می خوانند قسمتی از فصل اول حذف و نیز با تغییراتی که توسط مؤلف (دکتر علی سیدی) در قسمتی از کتاب (ایزومری نوری) داده شده، گروه شیمی فقط تدریس چاپ ۱۳۶۴ را مجاز دانسته است. قابل تذکر است که با این تغییر و اصلاح مقداری از حجم کلی کتاب نیز کم شده است. گرچه این کتاب نیز جزوات راهنمای تدریس داشته و از سال ها قبل در اختیار همکاران قرار گرفته است اخیراً کارشناسی شیمی اقدام به تهیه کتاب معلم شیمی سال چهارم نموده است که انشاء... قبل از پهن ماه ۱۳۶۴ چاپ آن به اتمام می رسد.

#### توصیه به همکاران دبیران شیمی:

۱- کارشناسی شیمی دفتر تحقیقات و برنامه ریزی و تألیف دو جلد کتاب شیمی برای سال های اول و دوم مراکز تربیت معلم رشته علوم تجربی تألیف نموده است که مطالعه این دو جلد شیمی را به همکاران توصیه می نماید.

۲- تاکنون دو شماره مجله رشد آموزش شیمی چاپ شده است مطالعه مقالات این دو شماره و نیز شماره های بعدی را که در ارتباط با مطالب شیمی دبیرستانی، هنرستانی و مراکز تربیت معلم می باشند توصیه می کند.

پایان



# آلکیلاسیون فریدل - کرافتس

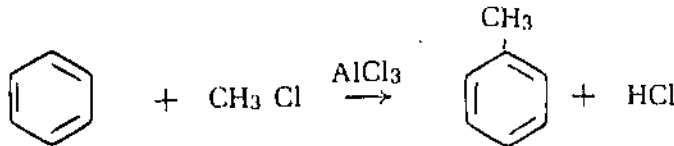
دکتر علی سیدی

دکتر علی سیدی استاد شیمی آلی  
دانشکده علوم دانشگاه تهران و از  
مؤلفان کتابهای شیمی وزارت آموزش و  
پرورش

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

توجه به تغییرات گوناگونی که در آن به عمل آمده ، مهمترین  
روشی است که به آن وسیله می توان زنجیره های آلکیل را به  
حلقه های آروماتیک متصل ساخت. این واکنش اغلب به عنوان  
یک واکنش جانشین الکتروفیلی آروماتیک مورد توجه قرار

می گیرد. (اگر کمی کلرید آلومینیم خشک را به مخلوط بنزن و کلرید  
متیل اضافه کنیم واکنش شدیدی روی می دهد و گاز کلرید  
نیدروژن متصاعد می شود. از مخلوط واکنش می توان تولوئن  
را جدا کرد)



تمام اجزاء شرکت کننده در واکنش بالا را می توان تغییر  
داد. گروه آلکیل ممکن است خیلی پیچیده تر از گروه متیل باشد.  
به جای کلرید می توان از هالیدهای دیگر نیز استفاده کرد.

این واکنش ساده که در سال ۱۸۷۷، در دانشگاه پاریس -  
به وسیله دو شیمی دان فرانسوی و امریکایی یعنی شارل فریدل  
( Charles Friedel ) و جیمز کرافتس ( James - Crafts )  
کشف شد، آلکیلاسیون فریدل - کرافتس نامیده می شود و با

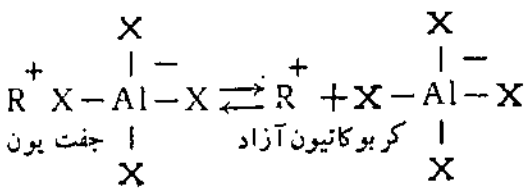
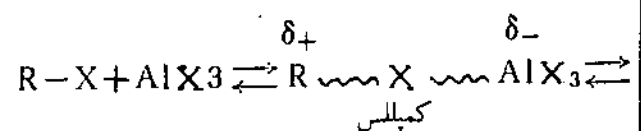
در بعضی موارد، می توان الکنها و - به ویژه در صنعت - آلکنها را مورد استفاده قرار داد. هالیدهای آلکیل استخلاف شده نظیر کلرید بنزئیل،  $C_6H_5CH_2Cl$ ، را نیز می توان در این واکنش شرکت داد. به علت اینکه هالوژن متصل به حلقه آروماتیک فعالیت کمی از خود نشان می دهد، به جای هالیدهای آلکیل نمی توان از هالیدهای آریل \* استفاده کرد.

واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس با مخلوط کردن سه جزء اصلی آن، یعنی ترکیب آروماتیک، معرف آلکیل کننده و کاتالیزور اسیدی، به آسانی اجرا می شود. مسئله اصلی در این واکنش، کاهش دادن سرعت از طریق سرد کردن و جذب هالید تیدروژن متصاعد شده است.

**مکانیسم واکنش** - مطالعه مکانیسم واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس کار ساده ای نیست؛ زیرا این واکنش معمولاً نسبت به رطوبت حساس است و اغلب با ایزومریزه شدن یا پلی مریزه شدن محصولهای واکنش همراهی می شود. به علاوه، هالیدهای فلزی کاتالیزور می توانند با ترکیب آروماتیک، با معرف آلکیل کننده و با محصولهای عمل، ترکیب اضافی تشکیل دهند و گاهی این ترکیبهای اضافی خود می توانند دوباره در واکنش آلکیلاسیون شرکت کنند. بالاخره، بسیاری از واکنشهای فریدل - کرافتس در محیطهای ناهمگن اجرا می شوند. از این رو، مطالعه سینتیکی این نوع واکنشها بسیار مشکل و گاهی ناممکن است.

نقش کاتالیزور سست کردن و یا شکستن پیوند کربن - هالوژن و در بسیاری از موارد، تشکیل یسک کاتیون آلکیل آزاد است.

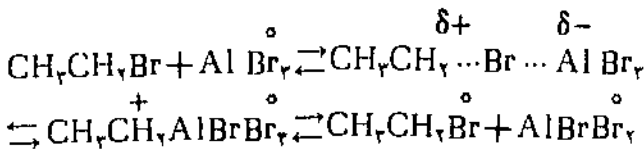
برای مثال:



نقش کاتالیزور، حداقل در مورد هالیدهای آلکیل، به وسیله نتایج تجربی زیر تأیید شده است:

۱- برومید آلومینیوم خشک فاقد عزم قطبی است، ولی وقتی به محلولی از برومید اتیل، درسیکلو هگزان، اضافه شود، عزم قطبی ظاهری محلول بالا می رود. این محلول جریان برق را به طور ضعیف هدایت می کند و آلومینیوم به سمت قطب مثبت کشیده می شود.

۲- اگر برومید آلومینیومی را که دارای بروم رادیواکتیو است همراه با برومید اتیلی که فاقد بروم رادیواکتیو است، در یک حلال بی اثر حل کنند، بروم رادیواکتیو در برومید اتیل وارد می شود:

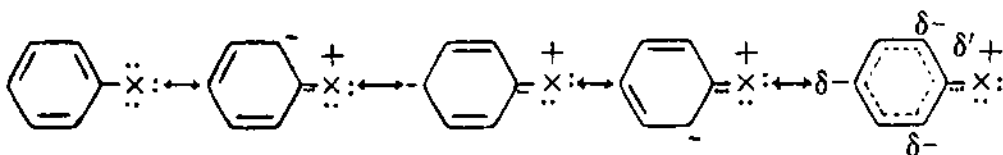


تعبیض هالوژن در مورد هالیدهای آلکیل نوع دوم و سوم به سرعت انجام می شود، ولی در مورد هالیدهای آلکیل نوع اول آهسته است این تفاوت سرعت با آنچه که درباره پایداری کربوکاتیونها می دانیم مطابقت دارد:

ترتیب پایداری کربوکاتیونها: نوع اول > نوع دوم > نوع سوم

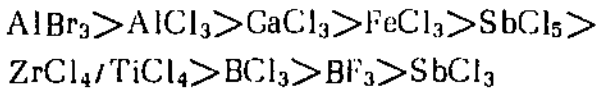
۳- اگر در واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس از یک هالید آلومینیوم و یک هالید آلکیل، با هالوژنهای متفاوت، استفاده کنیم مخلوطی از هالیدهای تیدروژن تولید می شود.

\* یادآور می شویم که در هالو بنزنها، یکی از اوربیتالهای P هالوژن می تواند با اوربیتالهای p حلقه آروماتیک موازی قرار داد. در این حالت، از همپوشانی جانبی آنها، بین هالوژن و کربن حلقه یک پیوند π تشکیل می شود:



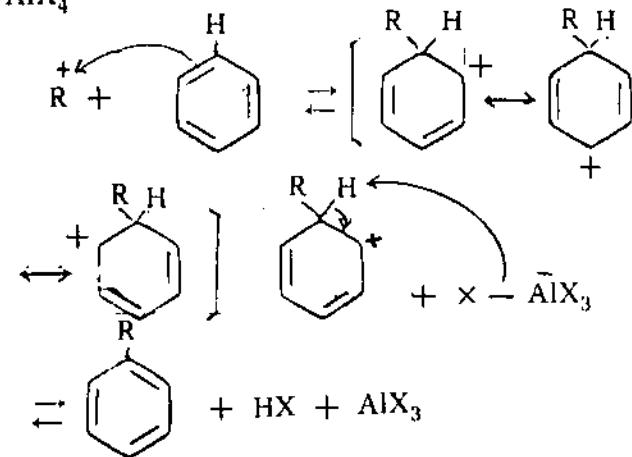
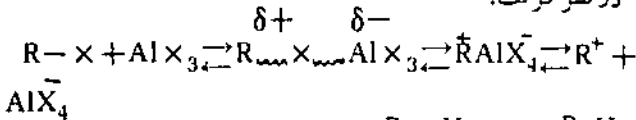
در نتیجه، پیوند موجود بین هالوژن و حلقه بنزنی یک پیوند ساده C-Cl نیست، بلکه تا حدودی ویژگیهای پیوندهای دوگانه را کسب کرده و از این رو، فعالیت شیمیایی آن کاهش یافته است، زیرا شکستن یک پیوند دوگانه، نسبت به یک پیوند ساده به انرژی بیشتری نیاز دارد. ترکیب آروماتیک مورد استفاده در واکنش فریدل - کرافتس می تواند خود بنزن، بعضی از بنزنهای استخلاف شده (به ویژه آلکیل بنزنها) و هالو بنزنها، یا ترکیبهای آروماتیک پیچیده تر نظیر نفتالن و آنتراسن باشد، به جای کلرید آلومینیوم می توان از سایر اسیدهای لوویس، به ویژه  $BF_3$  و  $HF$  و اسید فسفریک استفاده کرد.

به طور کلی، ترتیب فعالیت کاتالیزوهای مختلف به صورت زیر است:



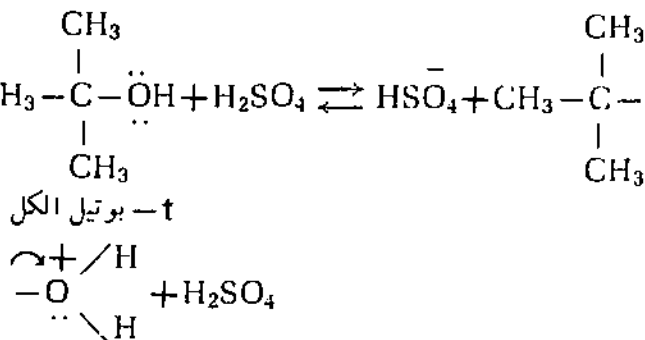
ولی ترتیب فعالیت در هر مورد به ترکیب آروماتیک، معرف آلکیل کننده و شرایط تجربی بستگی دارد.

با توجه به مطالب بالا می توان مکانیسم سه مرحله ای زیر را، که بیشتر در حلالهای قطبی و با هالیدهای آلکیل نوع دوم و سوم انجام می گیرد، برای واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس در نظر گرفت:

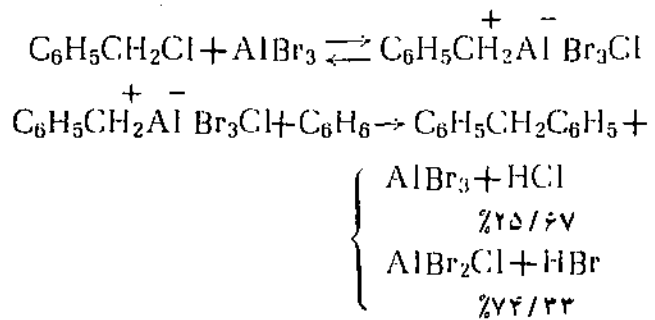


در این شرایط، مرحله تشکیل کربوکاتیون آزاد، مرحله ای آهسته و در نتیجه تعیین کننده سرعت است. مرحله حمله کربوکاتیون به ترکیب آروماتیک و تشکیل HX به سرعت انجام می شود.

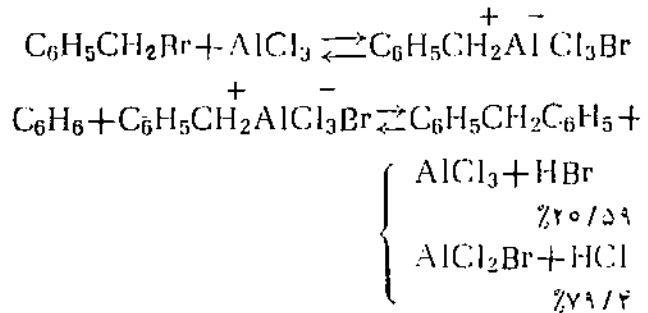
با توجه به مکانیسم بالا انتظار می رود که حلقه آروماتیک بتواند مورد حمله کربوکاتیونها، به هر شکلی که تولید شده باشند، قرار گیرد. این انتظار درست است. الکلها و آلکنها نیز می توانند، در حضور کاتالیزورهای اسیدی، ترکیبهای آروماتیک را آلکیل کنند. برای مثال، واکنش آلکیلاسیون به وسیله t- بوتیل الکل و ایزوبوتیلن به صورت زیر اجرا می شود:



برای مثال، وقتی واکنش را با بنزن و کلرید بنزیل، در حضور برومید آلومینیوم انجام می دهند، مخلوطی از ۶۷/۲۵٪ کلرید تیدروژن و ۳۳/۷۴٪ برومید تیدروژن آزاد می شود (تقریباً  $\frac{1}{4}$  کلرید تیدروژن،  $\frac{3}{4}$  برومید تیدروژن):

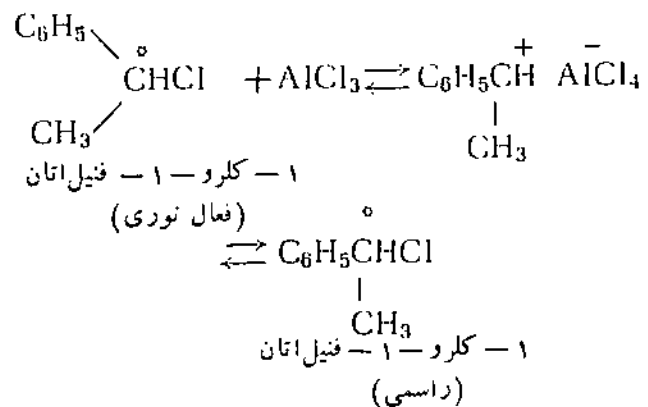


به همین ترتیب، وقتی بنزن را در حضور کلرید آلومینیوم به وسیله برومید بنزیل آلکیل می کنند، مخلوطی از ۴۱/۷۹٪ کلرید تیدروژن و ۵۹/۲۵٪ برومید تیدروژن به دست می آید (تقریباً  $\frac{3}{4}$  کلرید تیدروژن و  $\frac{1}{4}$  برومید تیدروژن):



۴- هالیدهای آلکیل فعال نوری، در حضور کاتالیزورهای مورد استفاده در واکنشهای آلکیلاسیون فریدل-کرافتس، فعالیت نوری خود را از دست می دهند و راسمی می شوند.

برای مثال:



و  $AlCl_3$ ، در حلالهای یونیزه کننده ضعیف نظیر نیتروبنزن یا ۱، ۲، ۴-تری کلروبنزن، از درجه سوم هستند، درجه یک نسبت به ترکیب آروماتیک، درجه یک نسبت به معرف آلکیل کننده و درجه یک نسبت به کاتالیزور:

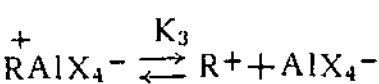
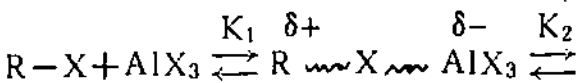
$$V = K_3 [Ar-H] [R-X] [AlX_3]$$

مطالعه سینتیکی نمی تواند نشان دهد که معرف آلکیل کننده

کمپلکس  $R \overset{\delta+}{\sim} X \overset{\delta-}{\sim} AlX_3$  است یا جفت یون  $R^+ AlX_4^-$ ، ولی معلوم می کند که اگر آلکیل کننده جفت یون باشد، تشکیل شدن آن مرحله آهسته، یعنی مرحله تعیین کننده سرعت نیست، زیرا اگر مرحله یونیزاسیون هالید آلکیل تعیین کننده سرعت می بود، سرعت آلکیلاسیون چند ترکیب آروماتیک مختلف، به وسیله یک مخلوط آلکیل کننده معین، می بایستی به غلظت و نوع ترکیب آروماتیک بستگی نداشته باشد، در صورتی که واکنش آلکیلاسیون در این موارد، در حضور کاتالیزورهای نظیر  $AlCl_3$ ،  $AlBr_3$  و  $GaCl_3$ ، نسبت به ترکیب آروماتیک از درجه یک است.

همان طور که در بالا اشاره کردیم، این معادله سرعت نشان می دهد که حمله به ترکیب آروماتیک به وسیله کمپلکس

$R \overset{\delta+}{\sim} X \overset{\delta-}{\sim} AlX_3$  و با جفت یون  $R^+ AlX_4^-$  صورت گرفته است زیرا غلظت این دو ترکیب با  $[R-X] [AlX_3]$  متناسب است.



$$[R \overset{\delta+}{\sim} X \overset{\delta-}{\sim} AlX_3] = K_1 [R-X] [AlX_3]$$

$$+ [R^+ AlX_4^-] = K_2 [R \overset{\delta+}{\sim} X \overset{\delta-}{\sim} AlX_3] =$$

$$K_1 K_2 [R-X] [AlX_3]$$

به علاوه، تأیید می شود که در این موارد واکنش آلکیلاسیون به وسیله کربوکاتیون آزاد،  $R^+$ ، انجام نشده، زیرا غلظت کربوکاتیون با  $\sqrt{[R-X] [AlX_3]}$  متناسب خواهد بود.

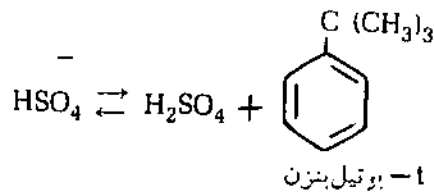
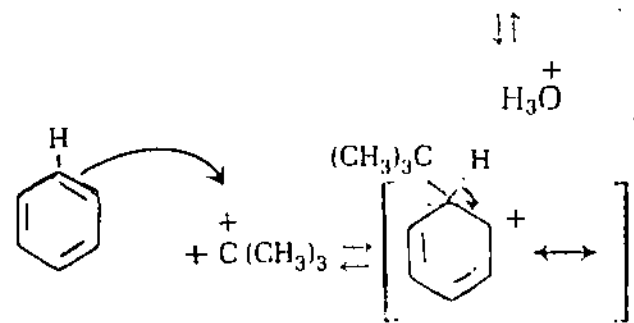
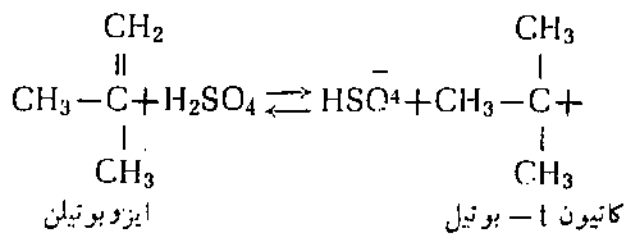
$$[R^+] [AlX_4^-] = [R^+]^2 = K_3 [R^+ AlX_4^-] =$$

$$K_1 K_2 K_3 [R-X] [AlX_3]$$

و اگر  $K = \sqrt{K_1 K_2 K_3}$  باشد:

$$[R^+] = K \sqrt{[R-X] [AlX_3]}$$

بنابراین، در این موارد، مکانیسمی که در آن کربوکاتیون به آهستگی تشکیل می شود و سپس به سرعت به حلقه آروماتیک حمله می کند، حذف می شود.



در مورد الکلها، محصول فرعی آب است که با کاتالیزور، اسیدی کمپلکس تشکیل می دهد و آن را از فعالیت بازمی دارد. از این رو، کاتالیزور را باید به نسبت استوکیومتری به کار برد. در مورد آلکنها، طبق معمول، کاتیونی بیشتر تشکیل می شود که پایدارتر باشد.

(قاعده مارکونیکوف (Markownikov rule))

با وجود این، دلایل متعددی وجود دارد که نشان می دهد، در بسیاری از واکنشهای آلکیلاسیون، به ویژه با هالیدهای آلکیل نوع اول، واکنش از طریق تشکیل یک کربوکاتیون کاملاً آزاد اجرائی می شود. در این موارد، کربوکاتیون ممکن است به صورت یک «جفت یون»  $R^+ AlX_4^-$ ، و یا به صورت یک کمپلکس بلاریزه  $R \overset{\delta+}{\sim} X \overset{\delta-}{\sim} AlX_3$  وجود داشته باشد. از جمله دلایلی که می توان ارائه داد یکی این است که در متیلاسیون تولوئن به وسیله برومید متیل،  $CH_3Br$ ، یا یدید متیل،  $CH_3I$ ، نسبتهای متفاوتی از ایزومرهای ارتو، متا و پارا به دست می آید. در صورتی که اگر در هر دو مورد یک نوع معرف، یعنی  $CH_3^+$ ، به حلقه آروماتیک حمله می کردند می توانستیم انتظار داشته باشیم که ایزومرهای مختلف با نسبتهای یکسان تشکیل شوند. دلیل دیگر این است که بعضی از واکنشهای آلکیلاسیون فریدل-کرافتس، کاتالیز شده به وسیله  $AlBr_3$

۶۴ تا ۶۸٪ S- یوتیل بنزن به دست آوردند. در این مورد، واکنش آلکیلاسیون ظاهراً از طریق کربوکاتیونی اجرا شده است (کربوکاتیون نوع اول به کربوکاتیون نوع دوم بازآراسته می‌شود).

علاوه بر این، شرم (Sherman) در ۱۹۶۲ نشان داده‌است که هر قدر خلصت نوکلئوفیلی ترکیب آروماتیک بیشتر باشد، نسبت درصد n- آلکیلاسیون بیشتر خواهد بود. برای مثال، نسبت درصد n- آلکیلاسیون با تولوئن بیشتر از بنزن است (زیرا گروه متیل دارای اثر القایی +I است). این نتایج برای مکانیسم جانشینی نوکلئوفیلی تکیه‌گاه محکمی به شمار می‌روند.

با وجود این، می‌دانیم که مکانیسم SN2 با معکوس شدن کامل آرایش فضایی اتم کربنی که در واکنش شرکت می‌کند، همراه است، ولی بیشتر بر رسیهایی که در زمینه استرئوشیمی و واکنشهای آلکیلاسیون - کرافتس انجام شده، نشان داده‌اند که این واکنش با راسمی شدن کامل همراهی می‌شود. فقط چند مورد استثنایی گزارش شده است؛ به ویژه هنگامی که معرف آلکیله کننده یک پروپیلن اکسید فعال نوری بوده است. در این مورد، گسزاش شده که واکنش آلکیلاسیون با ۱۰۰٪ معکوس شدن آرایش فضایی همراه است:

از طرف دیگر، آدامز (Adams) و همکارانش (۱۹۶۲) با استفاده از رزونانس اسپین الکترون (E.S.R.) نشان دادند که در آلکیلاسیون بنزن، به وسیله یک هالید آلکیل یا یک اولفین، در حضور کلرید آلومینیوم، رادیکال آزاد تشکیل می‌شود.

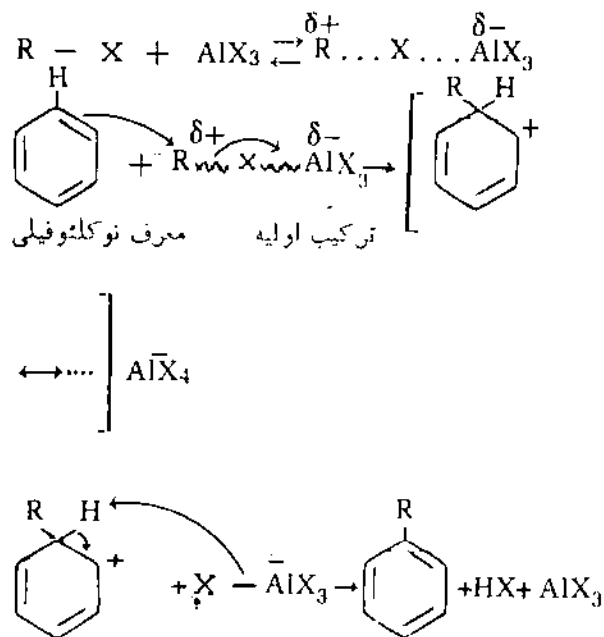
با توجه به این مطالب، ملاحظه می‌کنیم که مسئله مکانیسم واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس هنوز به طور کامل حل نشده است و ظاهراً مکانیسمهای مختلفی اجرا می‌شوند.

## محدودیت‌های واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس

واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس با چند نوع محدودیت مواجه می‌شود:

۱- با توجه به مکانیسم کربوکاتیونی، می‌توان انتظار داشت که واکنشهای آلکیلاسیون با واکنشهای بازآرایی، که از ویژگیهای کربوکاتیونها است، همراه باشد. این انتظار درست است. همان طور که در مثالهای زیر نشان داده شده است، از واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس، اغلب محصولاتی به دست می‌آید که از بازآراسته شدن کم و بیش گروه آلکیل نتیجه شده‌اند. حتی گاهی محصول بازآراسته، تنها محصول واکنش است.

برون (Brown) و همکارانش (۱۹۵۳) نتایج سینتیکی بالا را به گونه‌ای دیگر توجیه کرده‌اند. به عقیده این دانشمندان، حداقل در مورد هالیدهای آلکیل نوع اول، واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس از طریق مکانیسم جانشینی نوکلئوفیلی دو مولکولی (SN2) با تشکیل یک کمپلکس اجرا می‌شود.

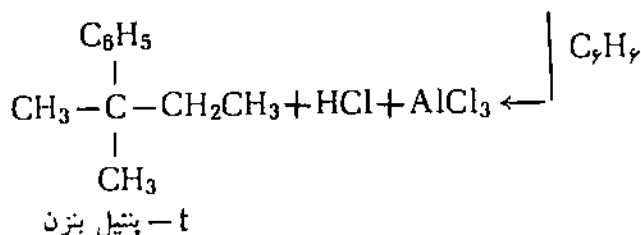
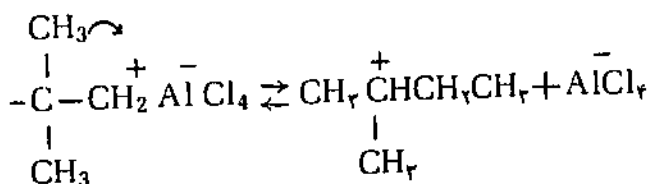
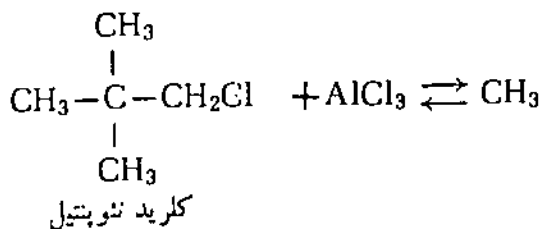


کارهای بعدی برون و همکارانش (۱۹۵۶) بر روی آلکیلاسیون بنزن و تولوئن، به وسیله برومیدهای آلکیل، در حضور برومید آلومینیوم، مکانیسم بالا را تقویت کردند. این دانشمندان همچنین عقیده دارند که حالت عبور با حمله نوکلئوفیلی ترکیب

آروماتیک به کمپلکس  $\text{R} - \text{Br} : \text{Al} \text{Br}_3$  که شدیداً پلاریزه است؛ بهتر توجیه می‌شود. هر قدر گروه آلکیل در برومید آلکیل بیشتر منشعب باشد، پیوند C-Br در حالت عبور، خلصت یونی بیشتری کسب می‌کند و بالاخره، با گروههای آلکیلی که بتوانند کربوکاتیون پایدار تشکیل دهند، واکنش از طریق مکانیسم کربوکاتیونی اجرا می‌شود. همچنین نشان داده شده است که نسبت درصد ایزومرهای ارتو، متا و پارا در واکنش متیلاسیون به نوع اتم هالوژن در هالید آلکیل بستگی دارد. این نتیجه، مکانیسم کربوکاتیونی را در واکنش متیلاسیون منتفی می‌سازد و مکانیسم جانشینی نوکلئوفیلی دو مولکولی را تقویت می‌کند. بنا بر این، با توجه به مکانیسم دو مولکولی، باید بتوان یک گروه آلکیل نوع اول را، بدون بازآرایی، بر روی یک حلقه آروماتیک وارد کرد. این مطلب در مورد کلرید n- پروپیل در دماهای پایین مشاهده شده است.

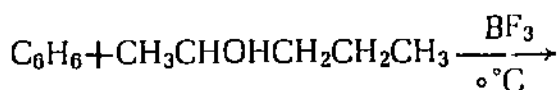
رابرتز (Roberts) و همکارانش (۱۹۶۰) با استفاده از کلرید n- بوتیل (در صفر درجه) ۳۲ تا ۳۶٪ n- بوتیل بنزن

متیل یا نیدروژن، در کربوکاتیون آزاد، یا کربوکاتیونی که قسمتی از یک جفت یون را تشکیل می‌دهد، ناشی شود. می‌دانیم که کربوکاتیونهای نوع دوم و سوم پایدارتر از کربوکاتیونهای نوع اول هستند، بنابراین، اگر مثلاً در آلکیلاسیون بنزن به وسیله کلرید نوبتیل، t-پنتیل بنزن نتیجه می‌شود، تعجب نخواهیم کرد.

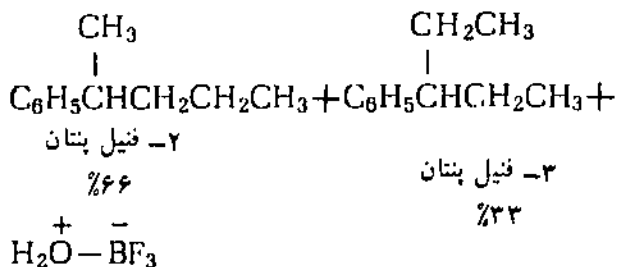


در اکثر موارد، یک کربوکاتیون ناپدید (کربوکاتیون نوع اول) به یک کربوکاتیون پایدارتر (کربوکاتیون نوع دوم یا سوم) بازآراسته می‌شود.

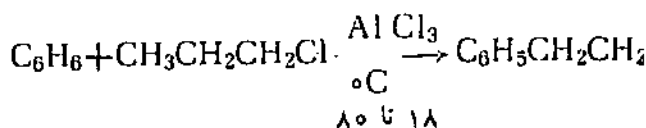
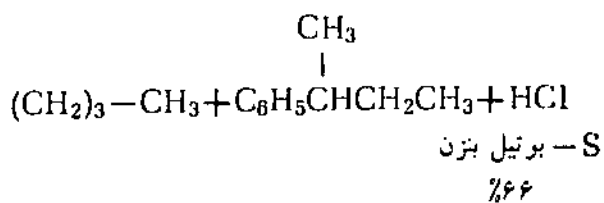
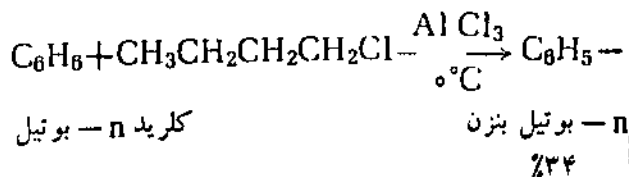
واکنش زیر نیز جالب توجه است:



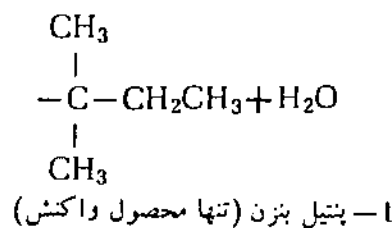
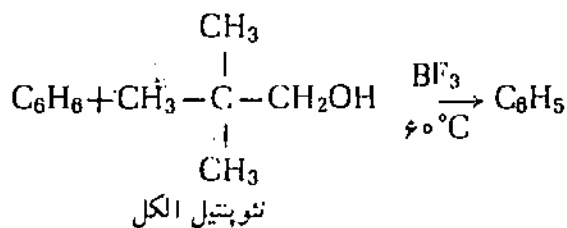
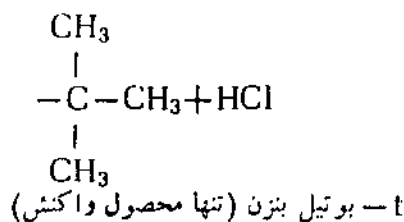
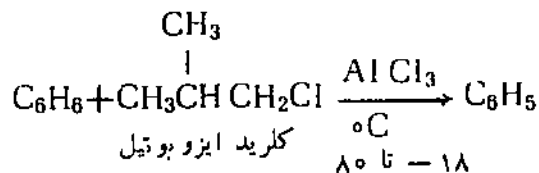
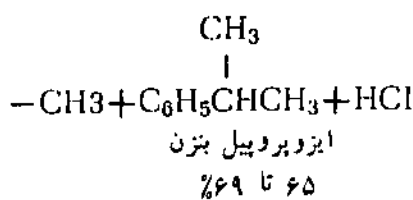
۲-پنتانول



در این مورد، کاتیونهای پنتیل به سرعت بایکدیگر تعادل می‌کنند:

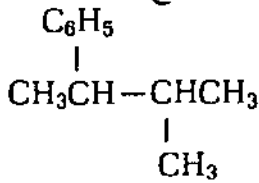


کلرید n-پروپیل - پروپیل بنزن %۳۵ تا ۳۱

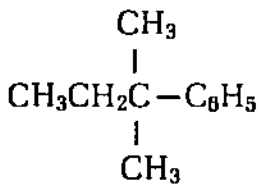


بازآراسته شدن گروه آلکیل در جریان واکنشهای آلکیلاسیون فریدل-کرافتس، می‌تواند از انتقال یک گروه

۲- کلو- ۳- متیل بوتان (کلرید نوع دوم) سریع



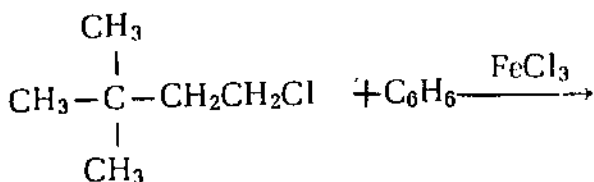
۲- متیل - ۳- فنیل بوتان (بیشتر) آهسته



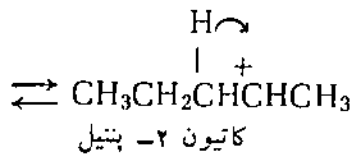
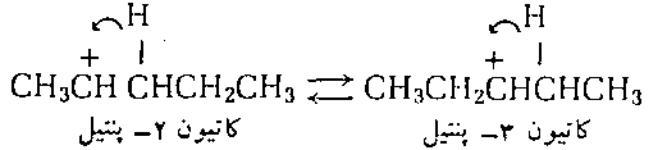
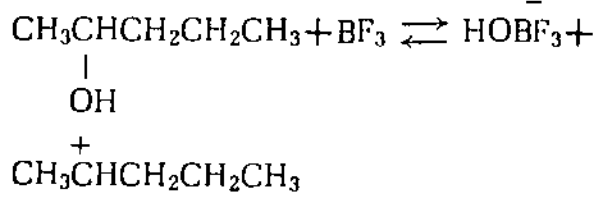
۲- متیل - ۲- فنیل بوتان (کمتر)

ملاحظه می شود که کربوکاتیونهای نوع دوم و سوم با یکدیگر در حال تعادلند. در نتیجه، نسبت محصول نوع دوم به محصول نوع سوم، نه تنها تابع پایداری نسبی کربوکاتیونها است، بلکه به سرعت نسبی تأثیر آنها (به صورت آزاد یا جفت یون) بر ترکیب آروماتیک نیز بستگی دارد. در تأیید این نظر، مشاهده شده است که تعدادی از ترکیبهای آروماتیک بسیار فعال، کربوکاتیونهایی را که در ابتدا تشکیل می شوند، قبل از آن که بتوانند به کربوکاتیونهای پایدارتر باز آراسته شوند، به مصرف می رسانند. برای مثال، در آلکیلاسیون مزی تیلن با برومید n- پروپیل، ۹۱٪ محصول جانشینی n- پروپیل به دست می آید، در صورتی که آلکیلاسیون بنزن با برومید n- پروپیل در همین شرایط فقط ۲۱٪ n- پروپیل بنزن نتیجه می دهد.

با توجه به این که باز آراسته شدن کربوکاتیونها مستلزم این است که معرف آلکیل کننده قبلاً یونیزه شده باشد، می توان انتظار داشت که یک کاتالیزور ملایم بتواند پیوند R-X را پلاریزه کند، بدون آن که کاملاً آن را بشکند. در نتیجه، واکنش آلکیلاسیون بدون باز آرای اجرا می شود کلرید آهن (III) (کلرید فریک) یکی از این کاتالیزورها است. برای مثال، آلکیلاسیون بنزن با ۱- کلو- ۳، ۳- دی متیل بوتان، در حضور کلرید آهن (III) محصولی نتیجه می دهد که در آن گروه آلکیل باز آراسته نشده است، در صورتی که، در حضور کلرید آلومینیم، محصولی باز آراسته غلبه دارد.



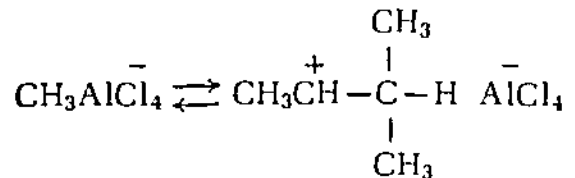
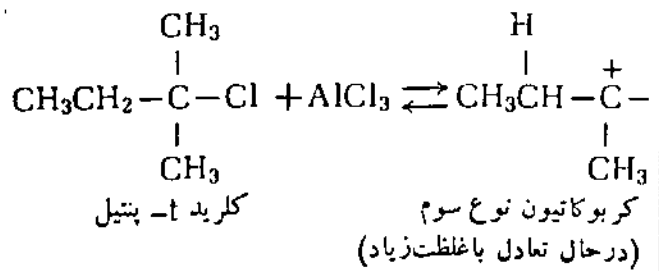
۱- کلو- ۳، ۳- دی متیل بوتان



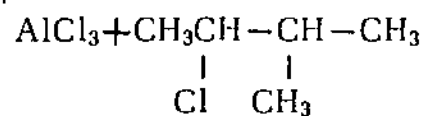
چون این کاتیونها همگی از نوع دوم هستند، پایداری آنها در یک حدود است و محصولهای به دست آمده با نسبتهای آماری (۲:۱) تشکیل می شوند (به ازاء یک کاتیون ۳- پنتیل، دو کاتیون ۲- پنتیل وجود دارد).

در بعضی از واکنشهای بالا، قسمتی از محصول، آلکیل بنزی است که باز آراسته نشده است. می توان تصور کرد که در این موارد، تمام واکنش از طریق کربوکاتیون آزاد یا جفت یون واسطه اجرا نشده باشد با وجود این، نباید فراموش کرد که کربوکاتیونهای ناپایدارتر، فعالترند و در نتیجه، سریعتر به حلقه آروماتیک حمله خواهند کرد. بنابراین در بعضی موارد، این امکان وجود دارد که کربوکاتیون ناپایدار، قبل از آن که فرصت باز آرای داشته باشد، با ترکیب آروماتیک عمل کند.

برای مثال:

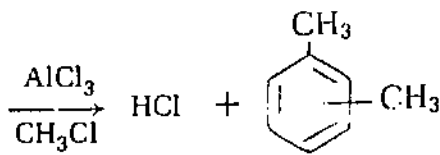
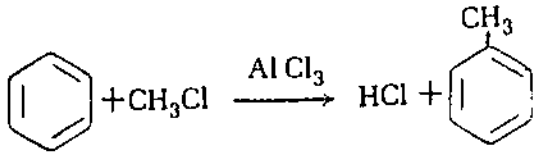


کربوکاتیون نوع دوم  
(در حال تعادل با غلظت کم)



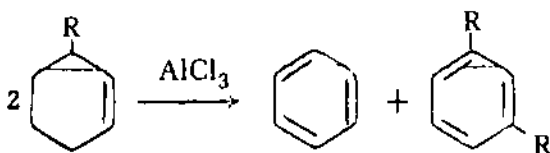


۲- واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس، در مرحلهٔ مونو آلکیلاسیون متوقف نمی‌شود، زیرا ترکیب مونو آلکیل به دست آمده، فائز از ترکیب آروماتیک ابتدایی است (اثر القایی مثبت گروه آلکیل، دانسیته الکترونی حلقه و در نتیجه، فعالیت آن را زیاد می‌کند) و سریعتر از آن با معرف آلکیل‌کننده وارد واکنش می‌شود؛ در نتیجه، اغلب محصولهای چند آلکیل به دست می‌آید. برای مثال:

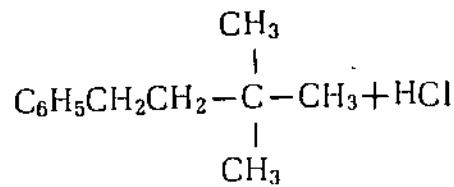


برای جلوگیری از واکنش چند آلکیلاسیون، معمولاً ترکیب آروماتیک را با غلظت زیاد به کار می‌برند. به این ترتیب، معرف آلکیل‌کننده، بیشتر با حلقهٔ آروماتیک استخلاف شده برخورد می‌کند و از چند آلکیلاسیون جلوگیری به عمل می‌آید. این روش، در مورد ترکیبهای آروماتیک ارزان قیمت نظیر بنزن، که اغلب نقش حلال را بازی می‌کند، مفید است، ولی در مورد ترکیبهای آروماتیک گران قیمت، کارساز نیست.

۳- در واکنش آلکیلاسیون فریدل - کرافتس، به ویژه در دماهای بالا، این امکان وجود دارد که گروه آلکیل موجود بر روی حلقهٔ آروماتیک حذف شود. این عمل، ساختمان ترکیب به دست آمده را در بعضی موارد نامطمئن می‌سازد.

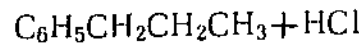
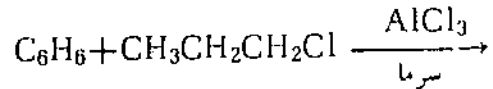


از میان گروههای آلکیل مختلف، گروه متیل از همه مشکلتر و گروههای آلکیل نوع سوم از همه آسانتر جا به جا می‌شوند. همان طور که قبلاً اشاره کردیم، آلکیلاسیون - کرافتس واکنشی بازگشتی است، آلکیل بنزنهایی که گروه آلکیل در آنها نوع سوم و یا نوع دوم است، در شرایط اجرایی واکنش،

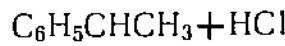
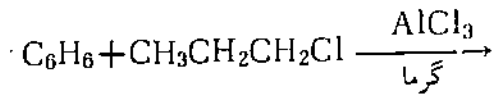


۳-۳- دی متیل - ۱- فنیل بوتان

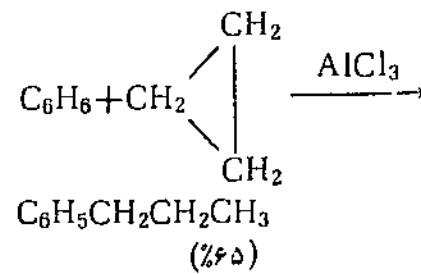
دما نیز در باز آراسته شدن گروه آلکیل مؤثر است. برای مثال، اگر واکنش آلکیلاسیون بنزن با کلرید n- پروپیل، در حضور کلرید آلومینیم، در سرما انجام شود، بیشتر n- پروپیل بنزن به دست می‌آید:



ولی در دماهای بالاتر، بیشتر ایزوپروپیل بنزن تشکیل می‌شود:



برای وارد کردن گروه n- پروپیل، استفاده از سیکلوپروپان، به عنوان معرف آلکیل‌کننده، بسیار مناسب است.

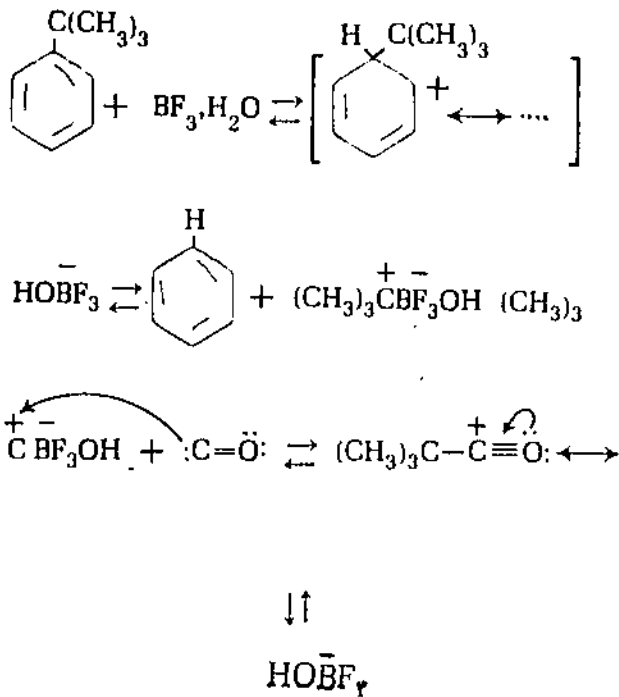


همان طور که قبلاً ملاحظه کردیم، گروه آلکیل هنگامی باز آراسته می‌شود که هنوز واکنش آلکیلاسیون اجرا نشده است.

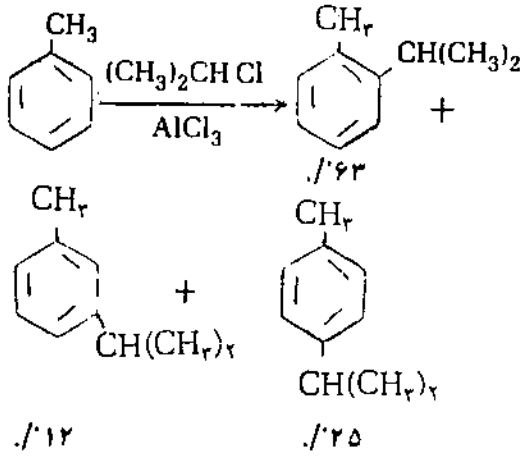
برای مثال، ثابت شده است که  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  با  $\text{AlBr}_3$  در غیاب هر نوع ترکیب آروماتیک، به مخلوطی از

مواد اولیه و  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  تبدیل می‌شود. نتایج مشابهی با  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$  به دست آمده است. در این مورد، باز آراسته شدن گروه آلکیل، آن قدر سریع انجام می‌شود که سرعت آن فقط در  $75^\circ\text{C}$  قابل اندازه گیری است.

این امکان نیز وجود دارد که گروه آلکیل پس از اجرای واکنش آلکیلاسیون، باز آراسته شود، زیرا آلکیلاسیون واکنش بازگشتی است.

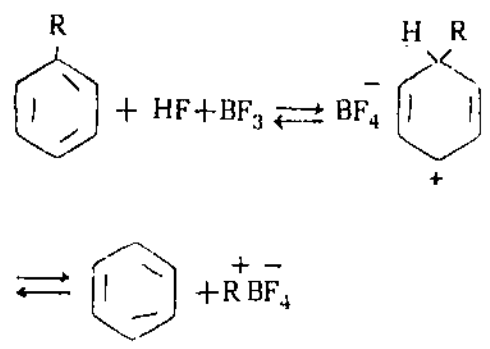


کربوکاتیونها بسیار فعالند، در نتیجه، نمی‌توانند به‌طور انتخابی عمل کنند. در واقع، جهت‌گیری واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس اغلب کاملاً غیرعادی است. برای مثال، در آلکیلاسیون تولوئن به وسیله کلرید ایزوپروپیل، در حضور کلرید آلومینیم، در استونیتریل، علاوه بر ایزومرهای ارتو و پارا (گروه متیل هدایت‌کننده ارتو پارا است). مقدار قابل ملاحظه‌ای نیز ایزومر متا - سیمن (Cimene) به دست می‌آید.

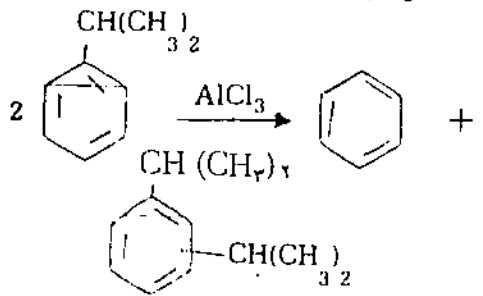


در شرایط سخت‌تر، یعنی با استفاده از  $\text{HCl} + \text{AlCl}_3$  یا  $\text{HF} + \text{BF}_3$ ، محصول واکنش انحصاراً ایزومر متا است. در واقع، در این شرایط، تمام سیمن‌ها به متا - سیمن بازآراسته می‌شوند. این مثال، تفاوت میان واکنشی را که به طریق سینتیکی کنترل (Kinetic Control) می‌شود با واکنشی که زیر کنترل ترمودینامیکی (Thermodynamic Control) است، آشکار می‌سازد.

به‌طور بازگشتی، کربوکاتیون تولید می‌کنند. برای مثال:

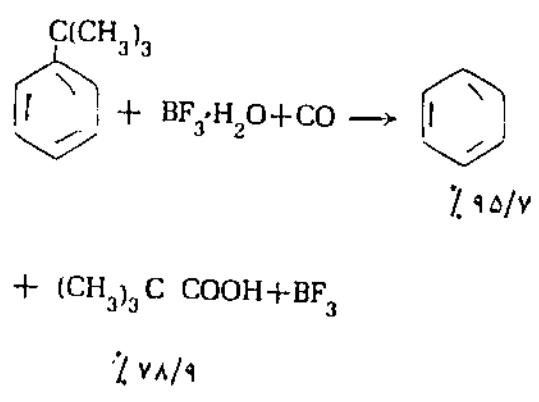


کربوکاتیون تشکیل شده می‌تواند به یک مولکول دیگر آلکیل بنزن حمله کند (آلکیل بنزنها فعالتر از خود بنزن هستند). و یک دی‌آلکیل بنزن به وجود آورد. برای مثال:



مخلوطی از سه ایزومر ارتو، متا و پارا - ایزوپروپیل بنزن

در این رابطه، جالب توجه است که تیدروکربنهای آروماتیک با یک گروه - آلکیل، در حضور تری‌فلوئورید بورمونو هیدرات (یک آب)، بامونواکسید کربن عمل می‌کنند و تیدرو کربن آروماتیک همراه با یک اسید - آلیفاتیک تشکیل می‌دهند (نایت Knight و همکاران ۱۹۶۳)، برای مثال:



در توجیه چگونگی تشکیل این اسید، می‌توان مکانیسم کربو کاتیونی زیر را در نظر گرفت:

محصولهایی که در ابتدا به وجود می آید، آنها بی هستند که سریعتر تشکیل می شوند، ولی چون واکنش بازگشتی است، در آخر کار، محصولی به دست می آید که از نظر ترمودینامیکی پایدارتر باشد. با وجود این، اگر نتایج ترمودینامیکی موجود در مورد ارتو، متا و پارا دی آلکیل بنزن را مورد توجه قرار دهیم، ملاحظه خواهیم کرد که گرمای تشکیلی (Heat of Formation) ایزومرهای گوناگون تقریباً یکسان است. گرمای تشکیلی،  $\Delta H_f^\circ$ ، ایزومرهای ارتو بی شک به علت دفع فضایی موجود بین گروههای آلکیل مجاور، قدری بیشتر از ایزومرهای متا و پارا است.

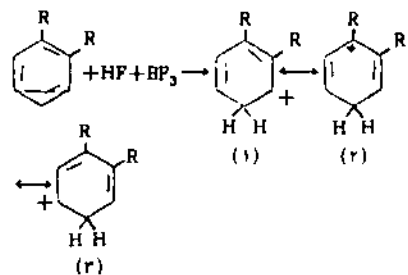
ولی نتایج موجود در جدول زیر، در مورد تشکیل انحصاری ایزومر متا - دی آلکیل بنزن، دلیل قانع کننده ای به دست نمی دهد:

### گرمای تشکیلی ایدروکربنهای آروماتیک

ایدروکربن  $\Delta H_f^\circ$ ، گاز، در  $25^\circ\text{C}$ ، kcal./mol

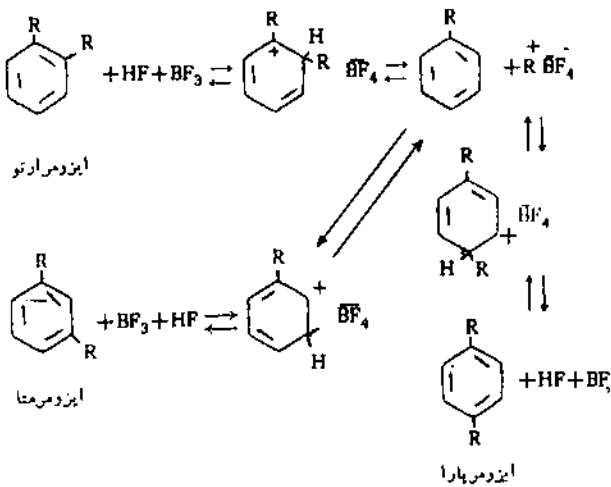
بنزن	۱۹/۸
تولون	۱۲/۶
ایتیل بنزن	۷/۲
ارتوکسیلن	۴/۶
متاکسیلن	۴/۱
پاراکسیلن	۴/۳
پروپیل بنزن	۱/۹
کومن	۱/۵
۱- ایتیل-۲- متیل بنزن	۵/۴
۱- ایتیل-۳- متیل بنزن	۵/۴
۱- ایتیل-۴- متیل بنزن	۵/۸

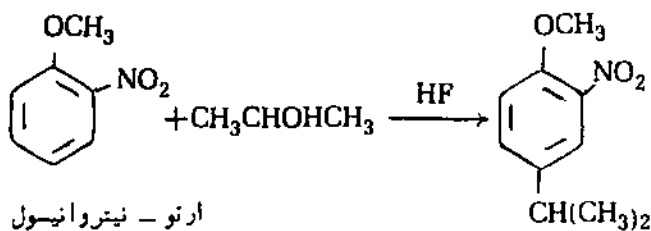
نتیجه تجربی دیگری که اهمیت دارد این است که برای تشکیل شدن انحصاری ایزومرهای متا، یک مول از کاتالیزورهایی نظیر  $\text{HCl} + \text{AlCl}_3$  یا  $\text{HF} + \text{BF}_3$  ضرورت دارد. در واقع، در شرایط تعادلی واکنش آلکیلاسیون، ایزومرهای ارتو، متا و پارا - دی آلکیل بنزن - پروتون می گیرند:



علاوه بر بازآراییهای بین مولکولی (Intermolecular rearrangement) که از بازگشتی بودن واکنش آلکیلاسیون ناشی می شود و بیشتر با گروههای آلکیل نوع دوم و سوم صورت می گیرد (در این نوع بازآرایی، همان طور که ملاحظه کردیم، گروه آلکیلی که به صورت کربوکاتیون از یک حلقه آروماتیک جدا می شود، می تواند به حلقه های آروماتیک دیگر متصل شود)، در بعضی موارد، بازآراییهای درون

فقط در مورد متا - دی آلکیل بنزن، بار مثبت در ترکیب آروماتیک پروتون گرفته، می تواند نسبت به هر دو گروه آلکیل به صورت کربوکاتیون نوع سوم (فرمهای رزونانس (۴) و (۵)) ظاهر شود. از این رو، ایزومر متا پایدارتر از ایزومرهای دیگر است و در شرایط تعادلی، ایزومرهای ارتو و پارا به آن تبدیل می شوند.



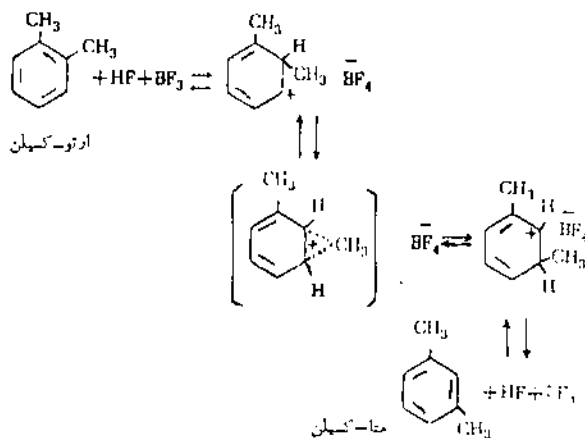


ارتو - نیتروانیسول

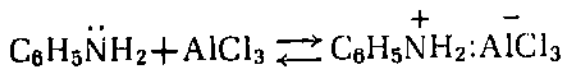
۲- نیترو - ۴- ایزوپروپیل انیسول (۸۴٪)

مولکولی (Intramolecular rearrangement) نیز مشاهده می‌شود (در این نوع بازآرایی، گروهی که از یک موضع ترکیب آروماتیک جدا می‌شود، بر روی موضعی دیگر (ارتو نسبت به موضع قبلی) از همان ترکیب قرار می‌گیرد). این بازآرایی به ویژه با گروه‌های متیل عمومیت دارد.

برای مثال:



۵- حلقه‌های آروماتیکی که دارای گروه‌های  $\text{-NH}_2$ ،  $\text{-NHR}$  یا  $\text{-NR}_2$  باشند، در واکنش فریدل-کرافتس شرکت نمی‌کنند. زیرا قدرت بازی نیتروژن نسبتاً زیاد است و کاتالیزور اسیدی مورد استفاده در واکنش را به خود جذب می‌کند. در این حالت، کاتالیزور از ایفای نقش خود باز می‌ماند.

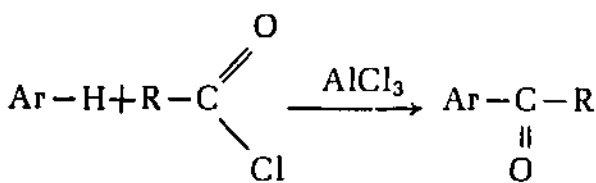


علی‌رغم این مخلودیتها، واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس، همراه با تغییراتی که در آن به عمل آمده، یکی از وسایل سنتزی بسیار مفید به شمار می‌رود.

### آسیلاسیون فریدل - کرافتس

یکی از تغییرات مهمی که در واکنش فریدل-کرافتس وارد شده است، استفاده از هالیدهای آسیل به جای هالیدهای آلکیل است. در این واکنش، یک گروه آسیل،  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-$ ،

به حلقه آروماتیک متصل می‌شود و یک ستون به دست می‌آید. این عمل را آسیلاسیون (Acylation) می‌نامند. در این مورد نیز حلقه آروماتیک باید حداقل به اندازه هالوبنزنها فعال باشد. در ضمن، اجرای موفقیت آمیز این واکنش به یک کاتالیزور اسیدلویس، مانند کلرید آلومینیوم یا یک اسیدلویس دیگر، نیاز دارد.



+HCl

یک کلرید آسیل

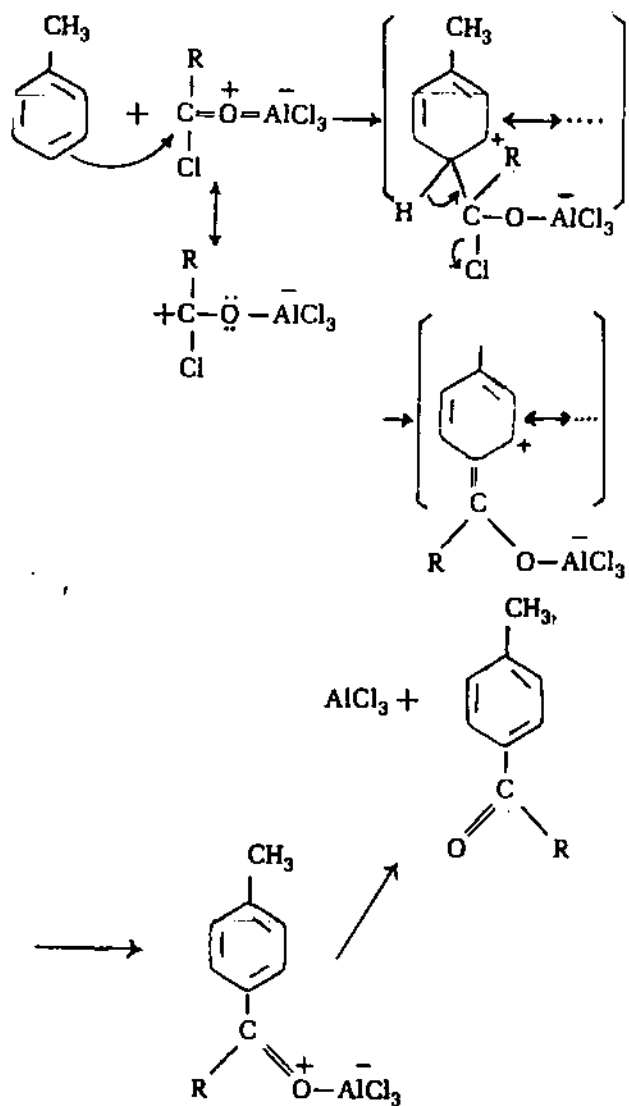
یک ستون

۴- یک حلقه آروماتیک با فعالیتی کمتر از فعالیت هالوبنزنها نمی‌تواند در واکنش فریدل-کرافتس شرکت کند. به طور کلی، حضور یک گروه هدایت کننده متا (الکترون گیرنده) بر روی حلقه آروماتیک، از اجرای واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس جلوگیری می‌کند. برای مثال نیترو بنزن،  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$  و استوفنون،  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COCH}_3$ ، در واکنش فریدل-کرافتس شرکت نمی‌کنند. از این رو، اغلب در این واکنش به عنوان حلال مورد استفاده قرار می‌گیرند. گزارشهای محدودی در مورد آلکیلاسیون موفقیت آمیز ترکیب‌هایی که دارای گروه‌های الکترون گیرنده می‌باشند، منتشر شده است. عدم موفقیت واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس در این شرایط، به علت ناتوان بودن معرف الکتروفیل نیست. زیرا، همان طور که می‌دانیم، کربوکاتیونها از جمله فعالترین معرفهای الکتروفیلی به شمار می‌روند. مشکل از اینجا ناشی می‌شود که در حضور ترکیبهای آروماتیک غیر فعال یا کم فعال، کربوکاتیون قبل از آن که بتواند با ترکیب آروماتیک عمل کند، تجزیه و یا پلی‌مریزه می‌شود.

با وجود این، اگر بر روی حلقه آروماتیک یک گروه فعال کننده (Activating) قدرتمند (هدایت کننده ارتو-پارا) و یک گروه فعالیت زدا (Deactivating) موجود باشد، ترکیب آروماتیک می‌تواند در واکنش آلکیلاسیون فریدل-کرافتس با موفقیت شرکت کند.

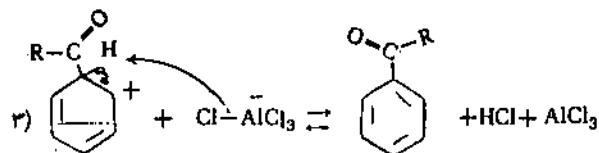
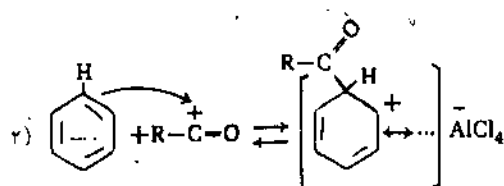
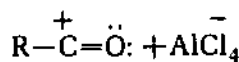
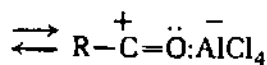
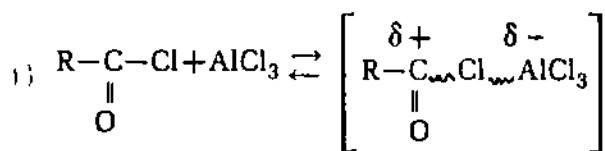
برای مثال، ارتو-نیتروانیسول، در حضور فلئوئورید نیتروژن، با ایزوپروپانول عمل می‌کند و ۲- نیترو-۴- ایزوپروپیل انیسول تشکیل می‌شود:

مکانیسم نمی‌تواند در مورد آسیلاسیون تولوئن، که در محل پارا آسیله می‌شود، معتبر باشد. این دانشمندان مکانیسمی پیشنهاد می‌کنند که شامل یک معرف حمله‌کننده «حجیم‌تر» است و نیاز فضایی واکنش آسیلاسیون را توجیه می‌کند. این معرف می‌تواند کمپلکسی از کلرید آسیل و اسید لوویس باشد.

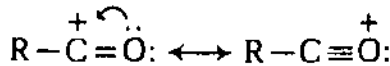


در این مورد، از دیدگاه کلرید آسیل، واکنش را می‌توان به عنوان یک جانشینی نوکلئوفیلی دومولکولی بر روی گروه آسیل، که به وسیله اسید کاتالیز شده است، در نظر گرفت. ترکیب آروماتیک نقش معرف نوکلئوفیل را به عهده دارد. ثابت شده است که مکانیسم دومولکولی عمومیت دارد و مکانیسم کربوکاتیونی در مواردی اجرا می‌شود که ترکیب آروماتیک و یا هالید آسیل با مانع فضایی قابل توجهی مواجه باشند. بدلی (Baddely) و همکارانش (۱۹۵۴) دلیلی ارائه

مکانیسم واکنش آسیلاسیون فریدل-کرافتس به احتمال قوی شبیه مکانیسم آلکیلاسیون و در بسیاری از موارد، یک مکانیسم کربوکاتیونی است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:



این مراحل با طرح کلی جانشینی الکتروفیلی آروماتیک تطبیق می‌کند. در این واکنش، معرف حمله‌کننده یون آسیلیوم،  $R-\overset{\overset{+}{\parallel}}{C}=\overset{\ominus}{O}:$  است. این یون باید اتر از کربوکاتیونهای معمولی است، زیرا تمام اتمها در آن (به استثناء نیتروژن) می‌توانند آرایش هشت الکترونی (Octet) داشته باشند:



یون استیلیوم،  $CH_3CO^+$ ، به وسیله اسپکتروسکوپی مادون قرمز (I.R.) در کمپلکس مایع، تشکیل شده از کلرید استیل و کلرید آلومینیوم و در حلالهای قطبی نظیر نیتروبنزن، تشخیص داده شده است، ولی در حلالهای غیرقطبی نظیر کلروفرم، فقط

کمپلکس  $AlCl_3$  نمم  $CH_3C(=O)Cl$  وجود دارد و یون استیلیوم آزاد مشاهده نمی‌شود.

با وجود این، به عقیده برون و همکارانش (۱۹۵۴) این

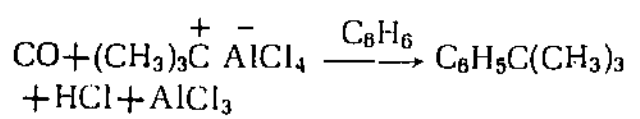
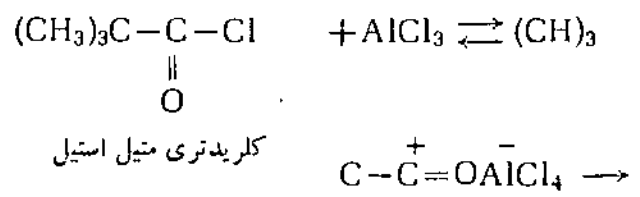
داده اند که نشان می دهد در مورد هالیدهای بنزوئیل استخلاف شده،  $\gamma^{\ominus} - C - X$ ، کاتیون آسیلیوم معرف آسیله کننده است.



از طرف دیگر، تدر Tedder (۱۹۵۴) ثابت کرده است که واکنش آسیلاسیون با کلرید آسیل و کلرید آلومینیم، هم از طریق مکانیسم کربوکاتیونی و هم از طریق مکانیسم دومولکولی اجرا می شود ترکیبهای آروماتیک فعال از هر دو طریق و به طور همزمان آسیله می شوند، ولی ترکیبهای آروماتیک کمتر فعال، بیشتر از طریق مکانیسم دومولکولی عمل می کنند و خود بنزن تقریباً به طور انحصاری از طریق مکانیسم دومولکولی در واکنش شرکت می کند. محدودیتهایی که در آلکیلاسیون، فریدل - کرافتس وجود دارد، در آسیلاسیون به چشم نمی خورد. ۱- برخلاف واکنشهای آلکیلاسیون، یونهای آسیلیوم باز آراسته نمی شوند.

ولی در بعضی موارد مشکل تازه ای بروز می کند. وقتی گروه R در یون آسیلیوم خیلی حجیم باشد، مونوکسید کربن حذف می شود.

برای مثال، در آسیلاسیون بنزن با کلرید تری متیل استیل (کلرید پی والیل)، در حضور کلرید آلومینیم، یک چنین وضعیتی پیش می آید:

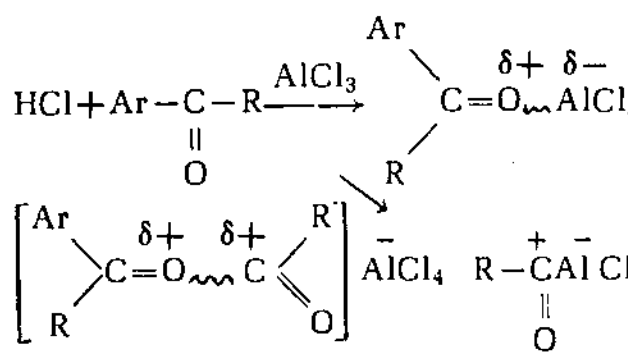
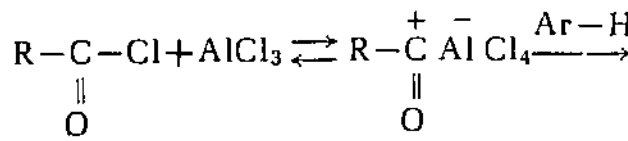


این واکنش فرعی را، همان طور که در واکنشهای آلکیلاسیون نیز ملاحظه کردیم، می توان با استفاده از یک ترکیب آروماتیک فعال، به حداقل کاهش داد، زیرا هر قدر ترکیب آروماتیک فعالتر باشد، سریعتر مورد حمله قرار می گیرد و قبل از آن که یون آسیلیوم بتواند مونوکسید کربن از دست بدهد، با آن وارد واکنش می شود. برای مثال، واکنش کلرید تری متیل استیل، در حضور کلرید آلومینیم، در شرایط یکسان، با سه ترکیب آروماتیک؛ بنزن، تولوئن و انیسول، به ترتیب ۹۰، ۵۰ و ۱۵ درصد گاز مونوکسید کربن آزاد می سازد.

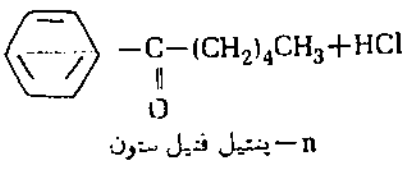
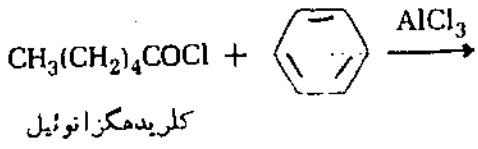
۲- برخلاف واکنش آلکیلاسیون، واکنش چند آسیلاسیون اجرا نمی شود، زیرا گروه آسیل،  $R-C(=O)-$ ، فعالیت زدا است.

ترکیب آروماتیک اولیه فعالتر از محصول واکنش خواهد بود

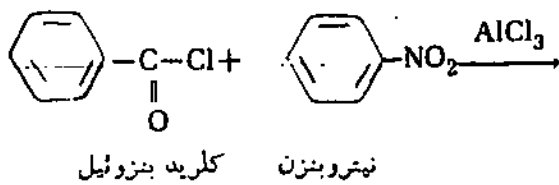
وسریعتر از آن با معرف الکتروفیل، عمل می کند. ۳- مقدار کاتالیزور مصرفی در آسیلاسیون فریدل - کرافتس می بایستی بیش از اندازه استوکیومتری باشد، در صورتی که واکنشهای آلکیلاسیون در حضور مقادیر بسیار کمتری از کاتالیزور به خوبی اجرا می شوند. باید توجه داشت که محصول واکنش آسیلاسیون یک ستون است و به عنوان یک باز لوویس می تواند به یکی از دو طریق زیر از پیشرفت واکنش آسیلاسیون جلوگیری کند. اول این که کاتالیزور اسید لوویس را مقید می سازد و از ایفای نقش آن در یونیزاسیون معرف الکتروفیل مخالفت به عمل می آورد. دیگر این که یونهای آسیلیوم را به خود جذب می کند و مانع حمله آنها به ترکیب آروماتیک می شود.



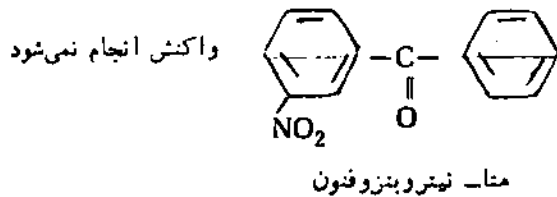
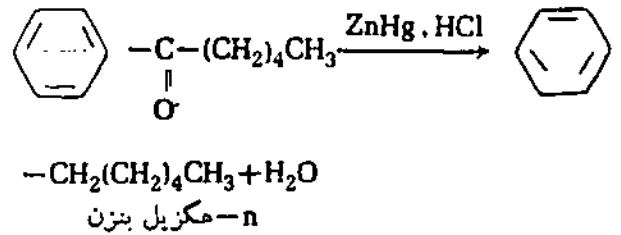
۴- پیش از این یاد آور شدیم که قراردادن یک گروه آلکیل نرمال، بزرگتر از اتیل، بر روی یک حلقه آروماتیک مشکل است، زیرا گروه آلکیل باز آراسته می شود. با وجود این، با استفاده از آسیلاسیون فریدل - کرافتس، گروههای نرمال بزرگتر از اتیل را می توان به طور غیر مستقیم، در دو مرحله بر روی حلقههای آروماتیک مستقر ساخت: در مرحله اول ستون مورد نظر تهیه می شود:



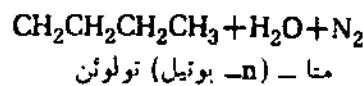
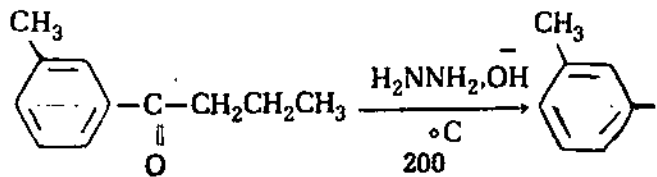
در مرحله دوم، ستون به دست آمده، به روش کلمانسن (Clemmensen) (استفاده از ملغمه روی و اسید کلریدریک)



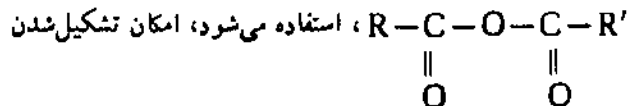
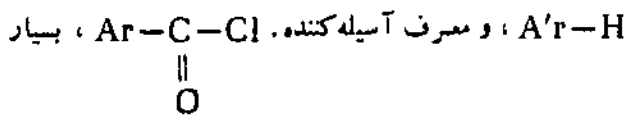
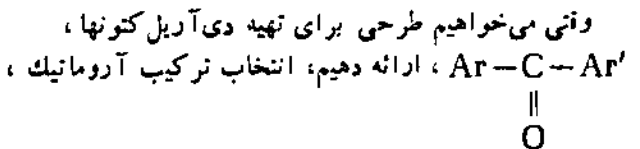
غلظت) یا به روش ولف - کیشنر (Wolff-Kishner) (استفاده از نیترازین و یک باز) به مشتق آلکیل مورد نظر کاسته می‌شود:



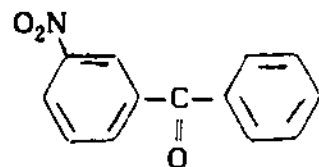
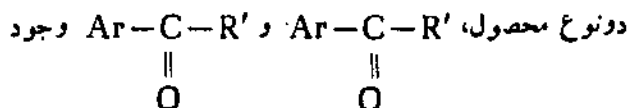
واکنش انجام نمی‌شود



علاوه بر هالیدهای آسیل، از اسیدهای کربوکسیلیک، استرها، انیدرید اسیدها و کتن‌ها نیز به عنوان معرف آلکیل کننده می‌توان استفاده کرد. استرها معمولاً بیشتر در واکنش آلکیلاسیون شرکت می‌کنند؛ وقتی برای آسیلاسیون یک ترکیب آروماتیک از یک انیدرید مختلط،



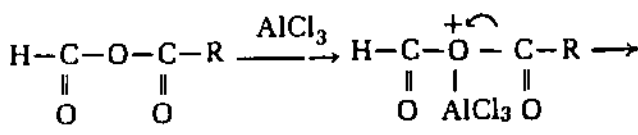
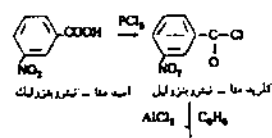
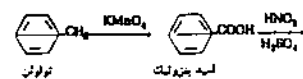
اهمیت دارد. برای مثال، در تهیه متا - نیتروبنزوفنون،



دارد. بیشتر تشکیل شدن یکی از این دو محصول به دو عامل بستگی دارد؛ اگر R شامل یک گروه الکترون گیرنده باشد، در این صورت، بیشتر  $\text{Ar}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$  تشکیل می‌شود، ولی

گروه نیترو باید در کلرید آسیل باشد نه در ترکیب آروماتیک. زیرا همان طوره قبلاً یاد آور شدیم، حضور یک گروه نیترو، که شدیداً فعالیت زدا است، به قدری از فعالیت ترکیب آروماتیک کم می‌کند که اجرای واکنش آسیلاسیون فریدل - کرافتس امکان پذیر نخواهد بود.

اگر این عامل در هر دو گروه R و R' یکسان باشد، در این صورت ستونی بیشتر تشکیل می‌شود که شامل گروه آلکیل بزرگتر باشد. از این رو، فرمیلاسیون حلقه‌های آروماتیک را نمی‌توان به کمک انیدریدهای مختلط اسید فرمیک اجرا کرد.







# تاریخچه و چگونگی کشف بعضی از عناصر و کاربرد آنها

علی اکبر نوروزی

این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی دبیرستان هنرستان، مراکز تربیت معلم، دانشسرای تربیت معلم و دوره راهنمایی تحصیلی تهیه شده است.

## مقدمه :

در کتابهای علوم تجربی ابتدایی، دوره راهنمایی تحصیلی و نیز در کتابهای شیمی دبیرستان، هنرستان، مراکز تربیت معلم و دانشسرای تربیت معلم بحث هایی در مورد روش علمی (Scientific method) و طرز استفاده از آن توسط دانشمندان شیمی به عمل آمده است. در این مقاله، یکی دیگر از کاربرد عملی روش علمی در چگونگی کشف بعضی از عناصر توسط شیمیدانان ذکر شده است.

آنچه که در تاریخچه کشف عناصر از اهمیت ویژه ای برخوردار است طی مراحل روش علمی به مرور زمان توسط شیمیدانان در کشف يك عنصر معین می باشد. بدین ترتیب که واقعیت های کشف شده توسط يك دانشمند در يك مقطع زمانی، توسط خود و یا دانشمند دیگر مورد آزمایش مجدد قرار می گیرند و از این رو مورد تأیید، تکمیل و یا احیاناً چگونگی توضیح آن واقعیت ها مورد شناخته می شوند. ذکر خلاصه ای از کاربرد عناصر در این مقاله، به دلیل اهمیت کشف يك عنصر

این سینا مراسمی برپا شد. هر سال، زادروزش را گرامی می دارند و به پاس خدمات پرارزش سخنرانی می کنند، مقاله ها و نمایشنامه ها می نویسند، تمیر چاپ می کنند. و باره ای از محافل علمی را بدین نام می نهند. مثلاً در سپتامبر ۱۹۸۵ میلادی به مناسبت هزارمین سال تولدش یکی از دانشکده های پاریس را به نام این دانشمند نامگذاری کردند و هزاره این سینا را طی مراسم باشکوهی گرامی داشتند. کتابها و مقاله های زیادی به زبانهای گوناگون در باره این سینا نوشته اند، مدال یادبودی از تصویرش ساخته اند که به عنوان جایزه به پژوهشگران علمی می دهند. نشانه ویژه جامعه داروسازان انگلیسی با تصویر ابن سینا و جالینوس است که در سال ۱۸۴۲ میلادی به جامعه داروسازان انگلیسی اهدا شد.

در این نشانه، در طرف راست تصویری است از ابن سینا در لباسی به رنگ سرخ تیره با جلیقه ای سفید رنگ و کفهای سرخ و شال سرخی با حاشیه طلایی به دور کمر بسته و عمامه ای سفید رنگ بر سر، که در دست راستش يك چوبدستی طلایی که ماری به دور آن پیچیده است، وجود دارد.

وی به جمع آوری و نوآوری لغات و اصطلاحات پزشکی پرداخت و در نوشته های فارسی خود آنها را به کار می برد. لغاتی مانند انسدام (عضو)، زبرسو (علیا) و ...

سرانجام، کار متراکسم وبدون وقفه و تعقیبهای همیشگی از سوی دستگاههای دولتی، سبب شدند که تندرستی ابن سینا از بین برود و این دانشمند که گویا بیماری صرع هم داشته است، در اثر بیماری فولنج معده (احتمال قوی به سرطان) درگذشت. آرامگاه وی در شهر همدان است.

## منابع و مآخذ:

۱- لنتنامه دهخدا

۲- جشن نامه ابن سینا دکتر ذبیح الله صفا

3- Grand Larousse encyclopédique (1)

4- Chamber's dictionary of scientists

و ازج نهادن به تلاش دانشمندان شیمی است که در این راه متحمل شده‌اند.

۵۱/۹۹۶

Cr Chromium کروم

۲۲

در سال ۱۷۶۲ دانشمندی به نام لگمان (G. Legmann) وجود سنگ معدنی که امروزه کروکوبزیت (Crocoisite) نامیده می‌شود و همان کرومات سرب  $PbCrO_4$  است پی برد. این سنگ معدن در سبیری یافت شد. در سال ۱۷۸۹، دونفر به نامهای واکولین (N. Vauquelin) و ماکوآرت (Macquart) این سنگ معدن را مورد آزمایش قرار داده ولی نتوانستند عنصر جدیدی را در آن بیابند و عناصر موجود در آن را سرب، آهن، آلومینیم و اکسیژن تشخیص دادند. اما در سال ۱۷۹۷، واکولین مجدداً این سنگ معدن (کرومات سرب) را مورد آزمایش قرار داده و دریافت که این سنگ معدن، از ترکیب سرب با اسید مخصوصی به وجود آمده که در اکسید آن اسید، عنصر جدیدی باید باشد که تا آن موقع شناخته نشده است. این عنصر جدید را کروم (Chromium) که از لغت یونانی کروما (Chroma) به معنی رنگ گرفته شده است نامیدند. زیرا ترکیبات کروم همگی رنگی می‌باشند و همین سنگ معدن (کرومات سرب) به رنگ زرد است.

در سال ۱۷۹۸، واکولین عنصر جدید را در سنگ معدن دیگر و در سال ۱۷۹۹ دانشمند دیگری به نام تاساوترت (F. Tassaert)، عنصر جدید را در سنگ معدن کرومیت پیدا کرد. با مطالعه تاریخچه کشف عنصر کروم می‌توان به سؤال زیر پاسخ داد:

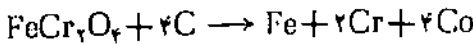
چگونه می‌توان روش علمی را در مورد کشف عنصر کروم بیان کرد؟

### سنگ معدن و چگونگی استخراج کروم فلزی

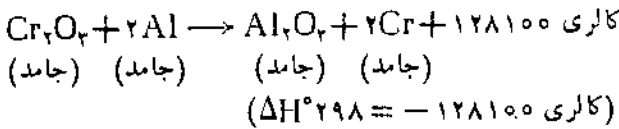
کروم به حالت آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود. در سنگ معدن‌ها، کروم به صورت  $Cr_2O_3$  اکسید کروم (III) می‌باشد ولی مهمترین سنگ معدن (Ore) آن  $FeCr_2O_4$  است که کرومیت (Chromite) نامیده می‌شود و گاهی به کرومیت، سنگ معدن آهن کروم نیز گویند. همان طوری که قبلاً گفته شد یکی از سنگ معدن‌های کروم، کرومات سرب است که به آن کروکوبزیت گویند.  $FeCr_2O_4$  به صورت  $FeO \cdot Cr_2O_3$  نیز نشان داده می‌شود.

احیای کرومیت به وسیله کربن در یک کوره الکتریکی، باعث تولید آلیاژی از آهن و کروم به نام فرو کروم (Ferrochrome) می‌شود که در ساختن فولادهای کروم (Chromium steels)

به کار می‌رود.



کروم خالص را به وسیله یک واکنش گولدا شمیت (Goldschmidt reaction) یا (Thermite reaction) <sup>۱</sup> به دست می‌آورند. در این واکنش اکسید کروم (III) به وسیله آلومینیم احیا می‌شود.



به طور کلی مخلوط بودر آلومینیم و اکسید فلز به عنوان ترمیت بوده و فرآیند اثر این دو برهم را فرآیند آلومینوترمی (Aluminothermic process) گویند.

### کاربرد کروم:

قسمت عمده کروم تولید شده، در ساختن آلیاژهای فولاد (steel alloys) به کار می‌رود. این آلیاژها خیلی سخت و محکم می‌باشند. آلیاژ فرو کروم (Ferrochrome) آلیاژی است که ۴۰ تا ۸۰ درصد کروم داشته و بقیه آن آهن است.

### فولاد ضدزنگ (Stainless steel)

در روی کارد و جنگال آشیزخانه کلمات Stainless steel را می‌بینید و همین طور در پشت ساعت‌ها. فولاد ضدزنگ را فولاد زنگ نزن نیز گویند. فولاد ضدزنگ، آلیاژی است که در آن فلز کروم به کار رفته است. سه نوع فولاد ضدزنگ وجود دارد:

نوع اول آن دارای ۱۳ درصد کروم و مقداری نیکل و بقیه آهن است.

نوع دوم آن دارای ۱۷ درصد کروم و ۲ درصد نیکل و بقیه آهن است.

نوع سوم آن دارای ۱۸ درصد کروم و ۶ درصد نیکل و بقیه آهن است.

فولاد ضدزنگ که در تهیه آلات برنده به کار می‌رود به علت مقاومت آن در مقابل خوردگی است.

۱- اگر بودر آلومینیم را با اکسید اغلب فلزاتی که الکترو پوزیتیوی کمتری دارند (مانند کلسیم، استرونیوم، باریم، منگنز، کروم، مولیبدن و آهن) مخلوط کرده و مخلوط را به وسیله یک فتیله منیزیم آتش بزنند واکنش شدید و گرمازایی به وقوع می‌پیوندد و اکسید به فلز احیا می‌شود. این نوع واکنش، اساس واکنش گولداشمیت می‌باشد. به مخلوط بودر آلومینیم و اکسید (مثلاً اکسید آهن) ترمیت (Thermite) گویند.

آلیاژهای کروم بدون آهن، شامل آلیاژ نیکروم (Nichrome) و کرومیل (Chromel، کروم و نیکل) است که در وسایل گرمایی مختلف به علت خاصیت مقاومت الکتریکی شان به کار می روند.

کروم چون زنگ نمی زند معمولاً برای روکش کردن سایر فلزات به کار می رود.

ترکیبات کروم در رنگرزی و دباغی نیز به کار می روند. مواد نسوزی (Refractories) که به عنوان آستر کوره های الکتریکی مصرف می شوند از مخلوط کردن سنگ معدن کرومیت با خاک چینی یا اکسید منیزیم (Magnesia) تهیه می شوند.

فولاد کروم داری که دارای چهار درصد کروم و یک درصد کربن است بسیار سخت بوده و موارد استعمال فراوان دارد.

فولاد کروم - وانادیم خیلی سخت و محکم بوده و در ساختن فنرها (Springs) و چرخهای لوکوموتیو به کار می رود.

فولادهای کروم - نیکل در روکش کردن سلاحهای جنگی و فولادهای کروم تنگستن و کروم - مولیبدن در ساختن ابزارهایی که با سرعت خیلی زیاد کار می کنند به کار می روند.

نیکروم که قبلاً به آن اشاره شد آلیاژی است که دارای ۱۹ تا ۲۵ درصد کروم و بقیه نیکل است.

استلیت (Stellite) آلیاژی است که دارای کروم، کبالت و تنگستن است و در وسایل جراحی و قسمت های موتور اتومبیل به کار رفته است. در شیشه های رنگی نیز مقداری از نمک های کروم دار مصرف شده است.

۹۵/۹۴

مولیبدن (Molybdenum) Mo

۴۲

اصطلاح مولیبدوس (Molybdos) توسط یونانی ها به گالنا (Galena) به فرمول PbS و سایر سنگ معدن های سرب اطلاق می شد. تا اواسط قرن هیجدهم سنگ معدن مولیبدیت یا مولیبدینیت (Molybdenite) را یکسان با گرافیت در نظر می گرفتند و به همین دلیل آن را پلمبا گو، یا سرب سیاه می نامیدند. در سال ۱۷۷۸ شتل (K.W. Scheele) در رساله خود در مورد مولیبدینا نشان داد که برخلاف گرافیت و یا سرب سیاه، مولیبدینیت با اسید نیتریک ترکیب مخصوصی تولید می کند و او ثابت کرد که این ماده جدید خاصیت اسیدی دارد و آن را مولیبدینا اسید (acidum molybdenae) نامید که همان اسید مولیبدیک molybdic acid است. هم او بود که نشان داد که سنگ معدن مولیبدینیت همان سولفید مولیبدن است.

در سال ۱۷۹۵، پی. جی. هلم (P.g.Hjelm) در اثر گرم کردن اسید مولیبدیک با زغال چوب، عنصر مولیبدن را به صورت پودر فلزی به دست آورد.

### سنگ معدن مولیبدن :

سنگ معدن اصلی مولیبدن، مولیبدینیت است که همان  $MoS_2$  سولفید مولیبدن می باشد. سنگ معدن های دیگر مولیبدن یکی ولفنیت (Wulfenite)  $PbMoO_4$  و دیگری مولیبدیت (Molybdite)  $MoO_3$  است. درصد فراوانی اتمی مولیبدن در طبیعت  $10 \times 3$  می باشد.

### کاربردهای مولیبدن :

مولیبدن امروزه به میزان وسیعی در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد مهم آن در تهیه آلیاژ فولادهاست. برای این منظور، آلیاژ فرو - مولیبدن (آهن - مولیبدن) را از احیای (کاهش) مولیبدینیت با آهن و کربن در کوره الکتریکی تهیه می کنند - هم چنین آلیاژ آهن - مولیبدن را به وسیله احیای مخلوط مولیبدن و اکسیدهای آهن به طریق آلومینوترمی به دست می آورند.

فولاد مولیبدن - نیکل برای ساختن لوله های تفنگ، میله ملخ هواپیما و پروانه کشتی به کار می رود. لوله های فولاد مولیبدن - کروم در ساختن هواپیما و هلیکوپتر مصرف دارد.

یکی از مهمترین کاربردهای مولیبدن در ساختن ابزارهای فولادی است که با سرعت زیادی می چرخند. این فولادها برخلاف فولادهای کربن، خاصیت مخصوصی دارند که در دماهای بالا سختی خود را حفظ می کنند.

آلیاژی از کبالت، کروم و مولیبدن که دارای ۵ درصد مولیبدن است در موتورهای جت به کار می رود که در مقابل فرسودگی و فشار در دماهای بالا مقاومت دارد.

۸۳/۸۵

### تنگستن (Tungsten یا وولفرام Wolfram W)

۷۴

امروزه تنگستن یکی از عناصر بسیار مهم صنعتی و تجارتنی است ولی تا چندی قبل آن را یکی از عناصر کم اهمیت به حساب می آوردند. تا اواسط قرن هیجدهم تصور می کردند که سنگ معدن شلتیت (Scheelit) که سابقاً تنگستن (تنگستن به معنی سنگ سنگین است) نامیده می شد و سنگ معدن وولفرامیت (Wolframite)، سنگ معدنهای قلع هستند. در سال ۱۷۸۱ شتل شیمیدان سوئدی نشان داد که شلتیت دارای اسید مخصوصی بوده که می تواند با آب آهک به عنوان یک باز واکنش دهد. او آن اسید را اسید تنگستیک (Tungstic acid) نامید.

در همان سال دانشمندی به نام برگ من (T. Bergman)، اسید تنگستیک را اسید حاصل از اکسید یک عنصر جدید معرفی کرد و عنصر جدید را تنگستن می دانست.

در سال ۱۷۸۳ شخصی به نام دون فاستو دلپویار (Don Fasto d'elhuvar) ایتالیایی تنگستن را به طور مجزا از سنگ معدن به دست آورد.

بعضی از فولادهای مولیبدن و تنگستن در مقابل اسیدها مقاومند. بنابراین به عنوان فولادهای ضد اسید (acid - Proof) در صنایع شیمیایی مصرف دارند. بر فولادی که دارای حدود ۵ درصد کروم، ۳۵ درصد آهن و ۲ تا ۳ درصد مولیبدن است اسید کلریدریک رقیق، اسید نیتریک رقیق، اسید سولفوریک رقیق حتی تیزاب سلطانی (aqua regia) جوشان نیز تقریباً بی اثر است.

مولیبدن در لامپ های الکتریکی نیز به کار می رود. ترکیبات مولیبدن به عنوان رنگ آبی در رنگ کردن چینی، در رنگرزی ابریشم و پشم، در رنگ کردن چرم و پلاستیک و نیز در ساختن تیل به کار می رود. مولیبدات آمونیم به مقدار زیاد در اندازه گیری فسفر موجود در آهن و فولاد به کار می رود.

سولفید مولیبدن به عنوان ماده نرم کننده در دماهای زیاد، مصرف می شود و در این مورد، عمل آن مشابه با گرافیت است.

**سنگ معدن های تنگستن:** یکی از سنگ های مهم تنگستن، وقرامیت  $(Fe \text{ and } Mn)WO_4$  است که مخلوطی از تنگستات آهن و تنگستان منگنز می باشد. سنگ معدن مهم دیگر، شلیت  $CaWO_4$  (تنگستات کلسیم) است. سایر سنگ معدنهایی که دارای تنگستن می باشند عبارتند از: استولزیت (stolzite)  $PbWO_4$  یا تنگستات سرب، کوپروسشلیت (Cuproscheelite) یا تنگستات مس و تنگستیت  $WS_4$  با سولفید تنگستن است.

### کاربرد تنگستن:

مهمترین کاربرد تنگستن در ساخت فولادهای مخصوص و سیم های داخل لامپ های الکتریکی است. فولادی که دارای ۱۴ تا ۲۲ درصد تنگستن و ۳ تا ۵ درصد کروم است در ساختن ابزارهایی که در سرعت زیاد کار می کند به کار می رود. این نوع فولاد در سرعت های خیلی زیاد و در دماهای خیلی بالا، همچنان سختی خود را حفظ می نماید.

تنگستن تولید آلیاژهای سختی می کند. مانند کتامال (Kennametal) (آلیاژی از تنگستن و کربیدتینام است)، استلیت (stellite) (آلیاژی از تنگستن، کروم و کبالت است) و آلیاژ ویدیا متال (Widiametal) (آلیاژی از کربید تنگستن با ۱۰ درصد کبالت است).

کاربرد دیگر تنگستن، در ساختن آنتی کاتدها (Cathodes - anti) در لوله های اشعه X است. همچنین توام با گورد نیکل و مس به عنوان ماده محافظ از اشعه X و اشعه  $\gamma$  به کار می رود. از ترکیبات تنگستن می توان تنگستات سدیم را نام برد که

برای نسوز کردن (Fireproofing) مواد همچنین به عنوان دندانه در رنگرزی به کار می رود.

تنگستات سرب به عنوان ماده سازنده سرب سفید (lead White) و  $WO_3$  به عنوان ماده رنگی زردکاربرد دارد. کربید تنگستن WC در ساختن نوک خودکار (ball-point pens) به کار می رود.

۱۴

N

### نیتروژن (Nitrogen)

۷

در سال ۱۷۷۲ دانیل رادرفورد (Rutherford)

(Danial) تعدادی موش را در داخل يك ظرف بسته شیشه ای قرارداد تا در آن هوای محدود تنفس کنند. بنابراین اکسیژن موجود در آن هوای بسته، توسط موشها تنفس شد. رادرفورد  $CO_2$  موجود در هوا را نیز به وسیله نیتروکسید پتاسیم جذب نمود. گاز باقیمانده در هوای داخل ظرف نه توسط موشها تنفس شد و نه باعث احتراق شمع روشن شد و نیز توسط نیتروکسید پتاسیم و آب آهک جذب نشد. در سال ۱۷۷۳ شتل نشان داد که هوا مخلوطی از دو گاز است. هوای حریق (Fire air) که باعث سوختن اجسام و تنفس جانداران است و هوای کثیف (Foil air) که موجب سوختن اجسام و تنفس جانداران نیست و این گاز را در آن زمان گاز شتل (Scheele's gas) نامیدند.

لاووازیه در سال ۱۷۷۵ (دو سال بعد از شتل) با آزمایش، گفته شتل را ثابت کرده و گاز شتل را ازت (azote) نامید. ازت (azote) از دو جزء یونانی a به معنی نه و zote به معنی زندگی تشکیل یافته است که در بعضی از کشورهای جهان امروز به همان نام ازت باقیمانده است. در سال ۱۷۹۰ دانشمندی به نام شاپتال (Chaptal) با توجه به موجود بودن ازت در شوره  $KNO_3$ ، آن را نیتروژن (Nitrogen) نامید. نیتروژن از کلمه یونانی Nitron به معنی شوره (Nitre) گرفته شده است.

در آن زمان تصور می شد که نیتروژن موجود در هوا يك عنصر خالص است. تا اینکه در سال ۱۸۹۴ ری لای (Rayleigh) و رامسی (Ramsay) دریافتند که در حدود يك درصد وزنی آن، از گازهای بی اثر (enert gas) تشکیل یافته است که برخلاف نیتروژن، با منیزیم گرم شده ترکیب نمی شود.

یکی از مهمترین ترکیبات نیتروژن دار که در صنعت از اهمیت ویژه ای برخوردار است آمونیاک می باشد که به تاریخچه کشف آن اشاره می شود. همچنین یکی از نمک های آمونیاک، کلرید آمونیم (نشادر) می باشد که امروزه در صنعت اهمیت

۱- دانشمند دیگری نیز به نام رادرفورد می زیسته است که در سال ۱۹۱۹ آزمایشهایی در مورد پرتوهای اتم انجام داده است.

زیادی دارد و به تاریخچه کشف آن نیز اشاره می‌شود. کلرید آمونیم توسط شیمیدانان قدیم شناخته شده است. مثلاً جابرین حیان دانشمند اسلامی ایران تهیه نشادر (کلرید آمونیم) را به وسیله حرارت دادن ادرار و نمک طعام شرح داده است.

مصریها کلرید آمونیم را از دوده حاصل از سوختن کود شتر تهیه می‌کردند و کلرید آمونیم اولین بار از مصر به اروپا برده شده است.

در سال ۱۷۲۷ دانشمندی به نام هالز (Hales) متوجه شد که از حرارت دادن آهک بانشادرگازی تولید می‌شود که کاملاً در آب حل می‌شود.

در سال ۱۷۷۳، همین آزمایش را انجام داده و گاز آمونیاک به دست آورد و آن را هوای قلیایی (alkaline air) نامید.

یکی دیگر از ترکیبات نیتروژن دار که در صنعت از اهمیت زیادی برخوردار است اسید نیتریک می‌باشد. اولین بار جابرین حیان اسید نیتریک را تهیه کرده است.

او اسید نیتریک را از تقطیر شوره (saltpetre) Nitre با  $KNO_3$  و  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (green vitriol) به دست آورده است. همچنین اسید نیتریک در قرن شانزدهم توسط کیمیاگسران مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در آن زمان آن را aqua fortis یعنی آب قوی می‌نامیدند.

دانشمندی بنام گلوبر (Glouber) در حدود سال ۱۶۵۸، اسید نیتریک غلیظ دودکننده را از تقطیر شوره با روغن زاج Oil of Vitriol (اسید سولفوریک) تهیه کرد:

وجود اکسیژن در اسید نیتریک اولین بار توسط لاووازیه در سال ۱۷۷۶ با حرارت دادن نیترات جیوه ثابت شد که نیترات جیوه به اکسیژن و اکسید نیتریک تجزیه گردید.

شکل در سال ۱۷۷۷ نشان داد که بخار اسید نیتریک در مقابل حرارت و نور تجزیه می‌شود.

کوندیش در سال ۱۷۸۵ ثابت کرد که در اسید نیتریک، اکسیژن و نیتروژن وجود دارد.

## فسفر (Phosphorus)

۳۱  
P  
۱۵

در سال ۱۶۷۴، دانشمندی از هامبورگ به نام براند (Brand) از تقطیر ادرار فسفر تهیه کرد. دلیل نامگذاری این است که این جسم در اثر سوختن نور زیادی تولید می‌کند (ذریونانی فس (phos) به معنی نور و فرو (Phero) به معنی دربردارم یا تولید می‌کنم و کلمه (Phosphorus) به همین منوال تنظیم شده است).

بویل در سال ۱۶۸۵ از تقطیر ادرار با شن فسفر به دست

آورد. گان (Gahn) در سال ۱۷۷۵ به وجود فسفات کلسیم در استخوان پی برد. شتل در سال ۱۷۷۷ فسفر را از خاکستر استخوان تهیه کرد.

کاربرد فسفر: مهمترین موارد استعمال فسفر، در تهیه اسید فسفریک  $H_3PO_4$  می‌باشد که از نظر صنعتی بسیار با اهمیت است. فسفر به مقدار کم در تهیه کلریدهای فسفر و آلیاژهای برنز - فسفر به کار می‌رود. فسفر سفید در مرگ موش، بمب‌های دودزا و بمب‌های آتش‌زا incendiary bombs به کار می‌رود. سابقاً فسفر در ساختن کبریت به کار می‌رفت ولی به علت سمیت آن، امروزه از ترکیب فسفر به فرمول  $P_4S_3$  در ساختن کبریت استفاده می‌شود.

## آرسنیک (Arsenic)

۷۵  
As  
۳۳

تاریخچه کشف: آرسنیک را از زمان خیلی قدیم می‌شناختند و در آن زمان تصور می‌کردند که آرسنیک نوعی از گوگرد است. ارسطو دانشمند معروف از ماده‌ای به نام سنداراکه (sandarache) ذکری به میان آورده است که همان سولفید آرسنیک قرمز می‌باشد. سولفید آرسنیک قرمز به فرمول  $As_2S_3$  بوده که همان زرنیخ قرمز است و رهج الفار نیز نامیده می‌شود و لغت (realgar) به معنی زرنیخ قرمز از همان کلمه است. سولفید آرسنیک زرد، آرسنیکوم (arsenicum) نامیده شده و همان زرنیخ زرد (Orpiment) به فرمول  $As_2S_3$  است. عنصر آرسنیک در حدود سال ۱۲۵۰ میلادی توسط دانشمندی به نام البرتوس مگناس (Albertus Magnus) تهیه شد.

کاربرد آرسنیک: آرسنیک در ساختن ترکیبات آرسنیک مصرف دارد، مثلاً در ساختن تری اکسید آرسنیک و آلیاژها. آلیاژی از مس و آرسنیک که حدود ۳٪ تا ۵٪ درصد آرسنیک دارد در دیگ‌های بخار به کار می‌رود. همچنین به مقدار کم جهت سخت کردن سرب برای ساختن گلوله به کار می‌رود. در ساختن رنگ‌ها به صورت تری اکسید آرسنیک مصرف دارد.

ارسانت‌ها مخصوصاً ارسانت سرب به مقدار زیاد در حشره‌کش‌ها (insecticides) و در کشاورزی به صورت علف هرزکش‌ها (Wood - Killers) کاربرد دارد.

۱۲۱/۷۵

## آنتیموان (Antimony)

۵۱

ترکیبات این عنصر از حدود ۵۰۰۰ سال قبل شناخته شده و مورد استفاده قرار می‌گرفته است. کلدانیها از این عنصر در

ساختن گلدانها و زیورآلات استفاده می کردند.

از استیم نی (stibni) و استی بیم (stibium) که همان استیب نیت (stibnite) (سولفید آنتیموان  $Sb_2S_3$ ) است به عنوان دارو و وسیله آرایش جهت مشکبندی کردن ابرو در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد در مشرق زمین استفاده می شده است. در زمان های قدیم دانشمندی به نام پلینی (Pliny) آن را استی بیم ولی جابر بن حیان آن را آنتی مونیم (antimonium) ذکر کرده است که معنی این لغت در یونانی «شبهه به گُل» است. لغت آنتیموان در فارسی ولغت antimony که امروزه در جهان معمول شده است از لغت آنتی مونیم که اولین بار جابر بن حیان آن را نوشته است مشتق شده اند.

ترکیب بانلور به نام تترا دیمیت ( $Bi_2Te_3$ , tetradymite) و به صورت ترکیب با اکسیژن به نام بیسمت (Bismuth) یا گِلِ اُخری بیسموت (Bismuth ochre) وجود دارد. بیسموتیت (Bismuthite) کربنات نیدرات بیسموت است. علاوه بر تهیه بیسموت از سنگ معدنهای آن، مقداری بیسموت از تصفیه فلزات مخصوصاً سرب به عنوان محصول فرعی به دست می آید.

بیسموت ذوب شده نیز مانند آنتیموان ذوب شده، به هنگام جامد شدن منبسط می گردد و این خاصیت غیر عادی باعث شده است که این فلز در ساختن آلیاژهایی که به هنگام جامد شدن چروک و جمع نشوند به کار می رود.

چون آلیاژهای بیسموت، قلع و سرب (در آلیاژهایی که این سه فلز وجود داشته باشد) نقطه ذوب پایینی دارند از این رو در فیوزهای برقی (electrical fuses)، درب های ایمنی، دیگ های بخار، در آب پاشهای اتوماتیک و آژیر خطرهای آتش سوزی کاربرد فراوان دارد. بعضی از این آلیاژها آلفدر نقطه ذوب پایینی دارند که حتی در آب جوش ذوب می شوند. مثلاً آلیاژ روزز متال (Rose's metal) (Bi) (۵۰ درصد، Pb) (۲۵ درصد، Sn) (۲۵ درصد) درجه سانتیگراد ذوب می شود و آلیاژ وودز متال (Wood's metal) (Bi) (۵۰ درصد، Pb) (۲۵ درصد، Sn) (۱۲/۵ درصد، Gd) (۱۲/۵ درصد) درجه سانتیگراد ذوب می شود و نیوتون متال (Neutron's metal) (Bi) (۵۰ درصد، Pb) (۳۴ درصد، Sn) (۱۷ درصد) در ۹۴/۵ درجه سانتیگراد ذوب می شود، آلیاژهای زودگداز بیسموت در گازرسانی به منازل نیز مورد استفاده قرار می گیرند. بدین ترتیب که لوله حامل گاز در محل ورود به منزل می تواند در محل مناسبی از لوله، از آلیاژ زودگداز بیسموت بوده و به محض شروع آتش سوزی فوراً ذوب شده و مانع ورود گاز به منزل گردد.

همچنین در سایر موارد ایمنی از آتش سوزی نیز به کار می روند. اکسید یانیترا بیسموت در ساختن بعضی از عدسی ها مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی از ترکیبات بیسموت در داروسازی نیز مورد استعمال دارد. همچنین بیسموت در ساختمان ترموپیل ها نیز به کار می رود.

**وجود در طبیعت:** آنتیموان به مقدار بسیار کم به حالت آزاد یافت می شود. اغلب با مقداری آرسنیک همراه است. به صورت ترکیب با اکسیژن به نام شکوفه آنتیموان ( $Sb_2O_3$ , antimony bloom) و به صورت  $Sb_2O_4$  به نام گل اُخری آنتیموان (antimony ochre)، به صورت ترکیب با گوگرد به نام استیب نیت یا سنگ معدن خاکستری آنتیموان  $Sb_2S_3$  و آنتیموان قرمز  $Sb_2S_5O$  در زمین وجود دارد.

۲۰۹

Bi (Bismuth) بیسموت

۸۳

از زمان قدیم ترکیبات این عنصر مورد استفاده قرار می گرفته است و اغلب نویسندگان قرن هفدهم، در نوشته های خود این عنصر را با آنتیموان و روی اشتباه گرفته اند. اولین بار دانشمندی به نام پات (H. Pott) در سال ۱۷۳۹ خواص بیسموت را ذکر کرده و در سال ۱۷۵۳ جوزف (Geoffroy) واکنش های مربوط به این عنصر را مورد مطالعه قرار داده است. نام بیسموت از کلمه آلمانی «ویسموت (Weissmuth)» به معنی ماده سفید گرفته شده است.

بیسموت اغلب در طبیعت به حالت آزاد یافت می شود. همچنین در سنگ معدنهای آن، بیسموت به صورت ترکیب با عناصر دیگر است. مثلاً به صورت ترکیب با گوگرد به نام سنگ براق بیسموت ( $Bi_2S_3$ , Bismuth glance)، به صورت

## منابع مورد استفاده:

- 1- Modern Inorganic Chemistry G.D. Park 1967
- 2- College Chemistry Nebergall 1976
- 3- Modern Concepts in Chemistry 1983
- 4- Complete A - LeVel Chemistry Kelly 1984
- 5- Chemical Education 1985

«این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی

کلاس اول و چهارم علوم تجربی و ریاضی فیزیک تهیه شده است»

## «تکنیک ساختمان هضم کننده بیوگاز

### در مناطق روستایی»

دکتر معود روحی لاریجانی استاد شیمی آلی دانشکده علوم

دانشگاه تهران و از مؤلفان کتابهای شیمی وزارت آموزش و پرورش

قسمت دوم

۲- حداکثر ارتفاع از خاک، کاربرد مجدد آن در ساختمان محل استقرار هضم کننده.

۳- بهتر عایق کردن تانک (مخزن) نسبت به اثرات تغییر گرما و رطوبت که سبب ترکیدن بدنه آن می شود.

۴- سهولت پیوستن آبریزگاه و طویله به آن و همچنین آسانی پر کردن و خالی کردن آن که می تواند در سطح فوقانی انجام گیرد.

در کشور ما و امکانات ساختمانی و با توجه به شباهتی که با شرایط کشور چین دارد، مورد نظر قرار می دهیم.

**شکل هضم کننده:** در شکل زیر هضم کننده ای به صورت مدور، کوچک و کم عمق نشان داده شده است که این نوع هضم کننده را در زیر زمین قرار می دهند. مزایای این نوع هضم کننده چنین است:  
۱- صرفه جویی از زمین زراعی.

با توجه به آنکه بیوگاز نه تنها برای تأمین روشنایی و انرژی لازم در تهیه غذا به کار می رود، بلکه می تواند طریقه مناسبی هم برای تولید کود آلی و تأمین بهداشت محیط باشد. چون ماندن باکتریها و میکروبیها در شرایط تخمیر، سبب از بین رفتن آنها و مانع از انتشار باکتریهای بیماری زا می شود.

مسئله ساختمان دیجستر (هضم کننده) را با در نظر گرفتن پراکندگی مناطق روستایی



دالتون در حال جمع آوری گاز مرداب (متان)

وانسدادی ایجاد نمی‌شود. به علاوه سقوط مواد ورودی خود وسیله‌ای است برای به هم زدن مایع داخلی که به خروج گاز کمک می‌کند.

ب- خروجی میانه مخزن سبب می‌شود که مواد زاید از این سطح خارج شده و به این ترتیب انگلها و باکتریها در زیر مانده و در حدود ۹۰ درصد آن از بین برود. دهانه خروجی را برای گرم نگه داشتن هضم کننده و همچنین برای جلوگیری از سقوط دام و یا کودگان به داخل آن، بایستی پوشاند. به علاوه این عمل دارای مزیت بهداشتی نیز می‌باشد. حجم قسمت خروجی به اندازه ده درصد حجم مخزن اصلی است.

ج- درپوش قابل برداشتن: آنچه که برای قالب بندی گنبد هنگام ساختن آن به کار رفته است، باید برداشته شود، تا این نقطه باز شود. قسمت باز شونده مخزن، یعنی درپوش را از نظر نداشتن منفذ هوا باید با آب انداختن کنترل کرد و درست به اندازه سوراخ درپوش لوله‌ای قرار داد. بهتر آن است که پس از قرار دادن لوله در سوراخ درپوش فقدان نشت کنترل شود.

د- قسمت بالایی مخزن زیر گنبد، فضای نگهداری گاز است. همان طور که در شکل قبلی نشان داده شد، هنگامی که در مخزن گاز تولید شده سطح مایع تحت فشار قرار می‌گیرد، در قسمت خروجی بالا

خواهد بود. این مطلب: هم از لحاظ صرفه جویی در کار خاک برداری ارزنده است هم در نقاطی که سطح آب زیرزمینی بالاست کمتر به اشکال بر می‌خورد. البته باید توجه داشت که در بالای سطح گنبدی مخزن باید مقداری خاک ریخته شود که برای عایق کردن از تأثیرات گرمایی مفید است. همچنین برای بی حرکت و ساکن کردن تانک (مخزن) علاوه بر تجارب به دست آمده، تحقیقاتی که در چین انجام شده نشان داده است که برای تولید گاز بیشتر در حجم معین هضم کننده، ازدیاد سطح آزاد مایع تخمیر شونده، و کمی عمق و در نتیجه فشار حداقل بسیار مفید است. به طور کلی مزایای ایمن نوع هضم کننده را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- ۱- دارای بهترین شرایط ساختمانی و بهترین کیفیت پوششی همه اجزاء پوشش به هم فشرده است و در صورتی که با آجر ساخته شود، تقریباً نیازی به آهن نیست.
- ۲- حداقل ضخامت در مواد ساختمانی سبب حداقل مصرف این مواد خواهد شد.
- ۳- مناسب بودن شرایط عمل.
- ۴- سادگی تکنیک ساختمانی و ارزانی آن.

اینک اجزاء اصلی یک هضم کننده و نقش آنها را در زیر یاد آور می‌شویم:  
الف- ورودی مستقیم: این وضع برای پر کردن مخزن (تانک) بسیار راحت است

البته در این طرح کار اضافی برای حفاری و همچنین دشواریها و مسائلی در رابطه با سطح آبهای زیرزمینی در پاره‌ای نقاط مطرح است، اما برتری آن شکل مدور مخزن و کوچکی و کم عمق بودن هضم کننده است:

۱- مخزن اصلی از دیواره‌ای استوانه‌ای و درپوش گنبدی و قاعده‌ای به همین شکل تشکیل شده که می‌توان آن را برشی کم عمق از کره‌ای در نظر گرفت.

۲- کوچک بودن با توجه به پراکندگی روستا و در نظر گرفتن این مطلب که تهیه گاز برای واحد کوچکی که حتی شامل سه تا هفت نفر باشد، میسر است این آزمایش‌های آن به حساب می‌آید. مصرف گاز روزانه برای هر واحد، ۰/۲ تا ۰/۳۳ متر مکعب در نظر گرفته شده است. تولید گاز روزانه برای هر متر مکعب از مایع تخمیر شده در دمای نرمال حدود ۱۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد، حدود ۰/۱۵۳ متر مکعب است. پس برای مصارف خانگی هضم کننده‌ای با حجم داخلی ۶ تا ۱۲۳ متر مکعب توصیه می‌شود. در صورتی که بخواهند واحد بزرگتری برای مجموعه‌ای طراحی کنند، این حجم باید بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مکعب باشد.

۳- امتیاز کم عمق بودن در این است که دیواره آن کوتاه بوده و در نتیجه عمق خاک برداری برای دفن کردن مخزن کم



می آید و ارتفاع مایع در این قسمت مخزن بیشتر می شود تفاوت این دو سطح بستگی به فشار گاز دارد. این تغییر سطح مایع، خود وسیله ای برای کنترل فشار گاز است.

۵ - اندازه های لازم برای مخزن اصلی: پس از آنکه عوامل تولید گاز در نظر گرفته شد، اندازه های مخزن با در نظر گرفتن این موضوع که حداقل سطح برای یک حجم معین به کار گرفته شده است، انتخاب می شود. در این رابطه از داده های منتشر شده توسط چینی ها برای هضم کننده های روستایی استفاده می شود که در جدول زیر نشان داده شده است:

دارای این مزیت است که اولاً فضولات حیوانی به علت ثقل خود مستقیماً وارد هضم کننده می شود، ثانیاً می توان به کمک یک لوله پلاستیکی که از دیوار عبور داده می شود، گاز را به درون خانه و به محل طبخ رساند. در اینجا باید سه موضوع را مورد توجه قرار داد: یکی آن که در نزدیکی محل استقرار هضم کننده نی و یا درخت قطوری وجود نداشته باشد که در اثر گسترش ریشه های آن نفوذ به محوطه هضم کننده باعث آسیب رساندن به آن شود. به علاوه نا آنجا که ممکن است، محوطه هضم کننده در معرض تابش نور

آب و هوا لازم است. پس از آنکه مجرای ورودی و خروجی نصب شد، فضاهای موجود را باید با بتون یا ملاط سیمان پوشاند. حداقل فاصله بین درپوش و سوراخ را باید مطابق شکل زیر آب بندی و امتحان کرد:

تجربه نشان داده است که کاربرد ملاط سیمانی و خمیر سیمان و ساروج (شامل آهک، سیمان، خاکستر چوب و خاک رس است) به تناوب و به صورت لایه های نازک و فشرده ای، می تواند شرایط مناسب برای عدم نفوذ آب و هوا را به وجود آورد شاید بتوان مزیت این شکل از عایق کاری

۶	۸	۱۰	۱۲	۵۰	۱۰۰	حجم بر حسب متر مکعب
۲/۴	۲/۷	۳	۳/۲	۵	۶/۳	قطر داخلی (بر حسب متر)
۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۶۴	۱	۱/۲۶	ارتفاع گنبد (بر حسب متر)
۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۶۳	۰/۷۹	ارتفاع قسمت تحتانی (بر حسب متر)
۱	۱	۱	۱/۶	۱/۷	۲/۲	بلندی دیوار (بر حسب متر)
۱/۷۸	۱/۸۸	۱/۹۸	۲/۵۲	۳/۲۲	۴/۲۵	بلندی کامل (بر حسب متر)

انتخاب مکان: مسئله اساسی در این گونه تأسیسات، رعایت حداکثر صرفه جویی بدون از دست دادن کار آبی است. لذا ایجاد هضم کننده در محوطه اصطبل (طویله) و در کنار مکان مسکونی روستایی که در عین حال با آبریزگاه در یک محوطه باشد،

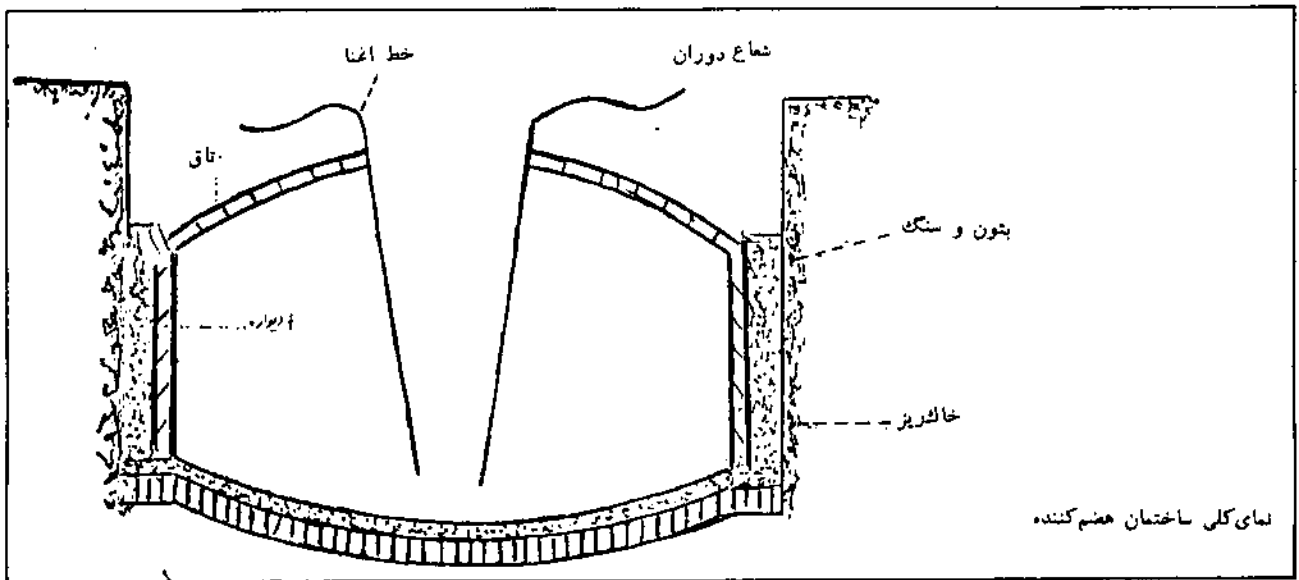
خورشید قرار داشته باشد اما باید رعایت شود که در معرض توفان نباشد. در ضمن از شرایط استحکام اولیه مناسبی برخوردار باشد.

عایق کاری هضم کننده: برای کار درست هضم کننده، رعایت عایق کاری از نظر نفوذ

را چنین توجیه کرد که:

۱- خمیر چند لایه از مواد متفاوت قادر است شیار موئین مانند را که اغلب در مواقع اندود کردن با یک لایه حاصل می شود، از بین برد.

۲- خمیر نازک لایه را می توان با فشردن



نمای کلی ساختمان هضم کننده

زیاد متراکم کرد، به طوری که خلل و فرج آن تقلیل یابد.

۳- قطر کلی تعمیر (اندود) نیز کاهش می یابد زیرا لایه ها به هم و به بستر ساختمانی خوب می چسبند و در نتیجه تعمیر نه می شکند و نه طبله می کند.

برای بهتر شدن تعمیر دیواره هضم کننده، به این نکات باید توجه شود که مواد لازم برای تعمیر، یعنی ملاط سیمانی همان ملاطی است که درچیدن دیوار هضم کننده به کار رفته است، فقط باید با تغییر نسبت ها آن را قوی تر کرد. غیر از آخرین لایه تعمیر که باید صاف و لغزنده باشد، لایه های میانی باید کاملاً فشرده و ناصاف و زبر باشد. دیواره هضم کننده که روی آن تعمیر انجام می گیرد، باید بدون زاویه باشد و بهتر است که آن را خیس کنند تا ملاط به آن بچسبد لایه های تعمیر باید یکسره و بدون مرزگسته باشد، اگر اجباراً چنین وضعی پیش آمد، در تعمیر بعدی باید این مرز پوشانده شود. مطلب دیگری که یادآوری آن لازم است عبارت از این است که برای هضم کننده کوچک روستایی مسئله بستر ساختمانی مطرح نیست، بلکه فقط لازم است که زمین مورد استفاده خیلی نرم نباشد. ضمناً مسیر انحرافی برای دور کردن

آب های سطحی از منطقه تأسیساتی در نظر گرفته شود. موضوع دیگری که باید توجه داشت این است که اگر محل ایجاد محفظه هضم کننده، حداقل دو منطقه باشد که از نظر نوع خاک متفاوت هستند، مثلاً یک قسمت صخره ای و قسمت دیگر خاک نرم، اختلاف انتقال فشار سبب شکستن دیوار می شود که این شرایط نامناسب است و باید از آن اجتناب شود. البته برای هضم کننده های بزرگ محاسبه مقاومت مصالح و خاک ضروری است.

مواد ساختمانی: البته نوع مواد ساختمانی بستگی به موقعیت مکان و امکانات محلی دارد. ولی ما بیشتر به مصالحی که جنبه عام دارد، می پردازیم.

بتون با درجه پایین: این نوع بتون با مخلوط کردن پاره ای از مواد با سیمان به دست می آید. نمونه بتونی از اختلاط سیمانی با درجه مقاومت (RC) دو تا سه بار بیشتر از مقاومت (R) بتون باشد این یک بتون اقتصادی است و به راحتی تهیه می شود. با توجه به این که فشار وارد بر سطح گنبد هضم کننده کوچک و دیواره ها چندان زیاد نیست، مسئله تهیه بتون از نظر مقاومت چندان مهم به نظر نمی رسد. به این ترتیب می توان با اختلاط انواع

مختلف اجسام با سیمان، بتونی با مقاومت مناسب و درجه سختی مناسب تهیه کرد که هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد، هم از نظر تهیه و کار آسان باشد. جدول زیر نسبت اجسام مخلوط شونده با سیمان برای تهیه بتون مناسب، نشان داده شده است:

برای بتون شنی انواع نسبت های آب به آهک اندازه گیری شد، و فرمول ذیل رابطه بین آهک و آب و قدرت بتون را نشان می دهد:

$$R = 0.5(0.82 - \alpha)R_C \\ (C/W - 0.4)$$

در اینجا R قدرت فشردگی بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب بعد از ۲۸ روز،  $\alpha$  نسبت درصد مخلوط شونده با سیمان، C/W نسبت سیمان به آب (بر حسب وزن) و  $R_C$  معرف درجه سیمان است. تذکر: مخلوط به کار رفته آهک کشته (آب دیده) است.

با فرمول فوق می توان نسبت جسم مخلوط شونده را برای بتون مناسب، محاسبه کرد.

قدرت بتون نه تنها به خواص ماده اولیه و نسبت آب به آهک و درجه فشردگی آن بستگی دارد، بلکه رابطه نزدیکی هم

### ضریب اختلاط

نسبت اختلاط در سیمان بر حسب % حجمی	خاکستر زغال	آهک کوره	رس	آهک کشته (آب دیده)
۲۵	۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۶۴
۳۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۳
۴۰	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۰
۵۰	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۱
۶۰	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۰

توجه:

خاکستر زغال بادانه بندی ۳ میلی متر

آهک کوره بادانه بندی ۳ میلی متر

آهک کشته (آب دیده) بادانه بندی ۳ میلی متر

رس با حجم یکنواخت در خمیر رس

با اندازه ذرات شن توزیع شده دارد. تجربه نشان داده است برای تهیه بتونی با درجه پایین اگر از اختلاط شنی با درشتی متوسط استفاده می شود نسبت آن نباید از ۳۵٪ بگذرد و اگر شن ریز به کار برده می شود، این نسبت ۲۶ درصد باید باشد. به این ترتیب شن باید خوب درجه بندی شود و مقدار جسم مخلوط شونده نباید خیلی بزرگ باشد. به طور کلی نسبت مخلوط غیر فعال باید کمتر از ۴۰ درصد باشد.

بتون حاصل سیمان عاری از سیلیکات و خواص آن! اگر ماده را با نسبتهای متناسب از آهک و مقدار کمی گچ (با سیمان) مخلوط کرده و آن را خوب به هم بزنیم، به صورت نوعی ماده ژلاتین درمی آید که با آب خصلت سفت شوندگی پیدا می کند. به ماده ای که به این شکل تهیه می شود، چون بدون سیلیکات است سیمان عاری از سیلیکات گویند.

خاک زغال، خاکه آهک کوره، سباده، خرده آجر و سفال به این نوع Pozzotanie از مواد تعلق دارد. به علت محتوای سیلیکون فعال و اکسید آلومینیم وقتی که به صورت پودر نرم درآید با محلولی از آب آهک واکنش داده و در زمانی که به صورت ماده چسب مانند درمی آید تغییراتی در خواص فیزیکی و شیمیایی آن حاصل می شود و به تدریج تولید سیلیکات کلسیم آبدار و سیلیکات آلومینیم آبدار می کند.

این مواد در اثر ماندن، سفت می شود و در شرایط مرطوب حداکثر قدرت خود را به دست می آورد و این کیفیت سفت شدن و محکم شدن می تواند در آب هنوز بهتر ادامه پیدا کند.

تجارب نشان داده که بتون حاصل از این ترکیب می تواند به قدرت تحمل فشار ۲۵ تا ۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۲۸ روز پس از تهیه و ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ۶۰ روز پس از تهیه برسد به این ترتیب یک سیمان ارزان به دست می آید که برای ساختن هضم کننده مفید است.

برای تهیه سیمان فوق، نحوه انتخاب مواد اولیه و ساخت آن باید با رعایت شرایط ذیل انجام گیرد: خاکستر زغال و آهک کوره و همچنین خرده آجر و سفال و غیره بایستی کاملاً خشک، تمیز و عاری از زغال سوخته یا مواد آلی نظیر علفهای هرزه و تراشه های چوب باشد. آهک باید کاملاً سفید و به راحتی نرم شود.

برای ساخت ابتدا باید مواد اولیه را به صورت پودر درآورد. (به وسیله آسیاب، یا کوبیدن) هر قدر این مواد نرم تر باشد کیفیت محصول بهتر خواهد شد. پس از نرم کردن مواد اولیه آن را در جای خشک باید محفوظ نگاهداشت تا فعالیت آن از بین نرود. برای آماده کردن آهک معادل ۳۰ تا ۴۰ درصد وزن آهک به آن آب می افزایند و این عمل درست ۲ تا سه روز پیش از مصرف انجام می شود و باید بگذارند آب در آهک زنده جذب شود و برای این کار ۴۸ ساعت وقت لازم است، پس از آن به وسیله یک غربال ریز (به اندازه چشمه یک میلیمتر) آن را غربال می کنند و می گذارند تا لحظه مصرف بماند. گچ را می توان همزمان با خاکستر زغال و غیره نرم کرد. حال برای تهیه بتون این مواد را به نسبت ۲۴٪، خاکستر ۷۱٪ و گچ ۵٪ کاملاً با هم مخلوط می کنند به طوری که رنگ مخلوط یکنواخت شود.

برای ساختن بتون سیمان عاری از سیلیکات: در ساختن گنبد و دیواره هضم کننده بیوگاز، نسبت مواد برای تهیه یک متر مکعب بتون بایستی به قرار زیر باشد:

آب	سیمان بدون سیلیکات
۲۰۰	۳۰۰ kg
ماسه نرم	شن ریزه
۵۳۵ Kg	۱۲۲۰ kg

پاره ای از خصوصیات این بتون عبارت است از:

- ۱- در لحظه تهیه، قدرت آن کم است ولی به تدریج بر قدرت آن افزوده می شود.
- ۲- حساسیت نسبت به تغییرات دما.
- ۳- افزایش بسیار خوب قدرت در اثر رطوبت و آب و برعکس آن کاهش قدرت

**در مقابل خشکی.**

نحوه ساخت خمیر رس - آهک: برای تهیه این خمیر مخلوطی مناسب از رس، آهک و آب را خوب با هم مخلوط می کنند به طوری که ماده ژلاتینی به دست آید که در مقابل آب دارای خصلت سفت شوندگی باشد.

الف - درجه فعالیت این رس بستگی به PH آن دارد، همچنین به مقدار دی اکسید سیلیسیم و آلومینیم و به نسبت دانه های ژلاتین آن دارد. هر قدر مقدار آن بیشتر باشد فعالیت رس بیشتر خواهد شد و هر قدر رس فعال تر باشد قدرت مخلوط (رس-آهک) بیشتر خواهد بود.

ب - نسبت آهک - رس: آهکی با مشخصات  $\text{CaO} = 68/08\%$  و  $\text{MgO} = 20/45\%$  با انواع مختلف رس مخلوط می شود و برای به دست آوردن نسبت مناسب برای مخلوط بایستی وزن آهک حدود ۲٪ تا ۵٪ وزن کل مخلوط باشد. پس از تعمیر کردن در مکان مرطوب برای پنج تا هفت روز این تعمیر نه پوسته می شود و نه با آب کنده می شود. قدرت چسبندگی آن به ۲۵ تا ۲۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع پس از ۲۸ روز می رسد.

ج - برای تهیه رس باید از خساکتی استفاده کرد که فاقد مواد آلی است و به اندازه کافی هم متراکم است و پس از کندن آن را در معرض هوا می گذارند تا خشک شود؛ آنگاه آن را نرم کرده و با غربال ۱۰ میلیمتر غربال می کنند. پس از آن که آهک مناسب انتخاب شد آن را با کمی آب مرطوب می کنند تا به آهک کشته تبدیل شود. رس و آهک را در مکانی خشک کاملاً مخلوط می کنند، بعد آن را با پاشیدن کمی آب مرطوب کرده و مجدداً مخلوط می کنند و خوب به هم می زنند تا مخلوط کاملاً یکنواخت شود.

خیساندن خمیر: مخلوط را برای مدت دو روز در جایی قرار دهید که نه در معرض تابش مستقیم آفتاب باشد و نه در برابر جریان باران تند قرار گیرد. مکانیسم سفت شدن خمیر رس - آهک

در مقابل آب مشابه سیمان عاری از سیلیکات است و خواص آن‌ها نیز تا حدودی مشابه است. اولاً این ترکیب، در مقابل تغییر گرما حساس است و وقتی دما زیر  $10^{\circ}\text{C}$  است فرآیند سفت شدن به طور بارزی کند می‌شود و در مناطق سرد شرایط برای این کار مناسب نیست. ثانیاً در هوای ملایم و مرطوب عمل سفت شدن خمیر بهتر انجام می‌شود و قدرت آن هم بیشتر است. اما برعکس هوای خشک چندان مناسب نیست. زیرا خمیر در مدت تغییرات نباید بی‌آب بشود. از جمله خصوصیات این خمیر آن است که خیالی زود چسبندگی می‌شود ولی می‌توان این کیفیت چسبندگی را که برای کار ساخت هضم کننده نامناسب است با افزایش ۲۵ تا ۳۵ درصد خاکستر زغال به مخلوط تقابل داد.

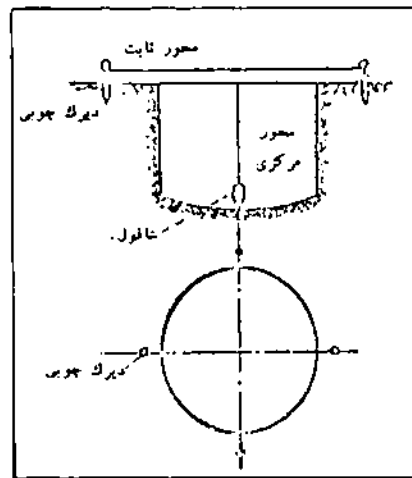
تکیه ساخت : هضم کننده بیوگازیک مخزن بسته زیرزمینی است که بایستی در مقابل آب و هوا محکم و غیر قابل نفوذ و از نظر ساختمانی قابل اطمینان باشد. پس بایستی دقت فسون‌العاده به کاربرد تا از کیفیت کار ساختمانی آن اطمینان حاصل کرد و تمام مراحل کار بایستی تحت کنترل باشد. معمولاً کار ساخت یک هضم کننده به دو قسمت تقسیم می‌شود: کار بنایی، بستن کامل اسکلت در محل بنایی هضم کننده و به عبارت دیگر قالب بندی.

مساله بنایی که شامل تهیه مواد اولیه و آماده کردن آنهاست، می‌تواند در همه فصول سال انجام شود و آغاز کار ساختمانی با توجه به موقعیت جغرافیایی محل باید طوری انتخاب شود که در زمان مناسب به اتمام برسد. برای انتخاب مکان بنا هم علاوه بر مسئله تمرکز اصطبل، توالت و هضم کننده در یک جا باید این مکان در نقطه‌ای مرتفع و زمین بکر و محکم و آفتاب گیر باشد. ضمناً از جریان باد مصون باشد.

ابتدا قالب را که باید دارای اسکلت محکمی باشد، در بیرون و متناسب با اندازه‌های هضم کننده، آماده می‌کنند. معمولاً آن را از چوب و یا در صورت امکان

از آهن می‌سازند. سطح داخلی قالب باید صاف باشد تا پس از بنایی جدا کردن آن به راحتی انجام شود. پس از آنکه قالب آماده شد آن را در مکانی که خاک برداری شده است، نصب می‌کنند. آنگاه قطعات بتونی پیش ساخته یا سنگ را همراه با بتون در آن می‌ریزند تا کاملاً سفت و محکم شود.

طراحی هضم کننده : میزان حلقه خاک برداری را متناسب با قطر خارجی هضم کننده به اضافه دو برابر ضخامت خاکریز اطراف آن انتخاب می‌کنند. آنگاه با رسم دایره‌ای (به وسیله ریختن آهک در تموضع خاک برداری) به قطر مورد نیاز و فرو کردن چهار دایره چوبی با فاصله یک متر خارج از دایره، مطابق شکل، دو قطر عمود بر هم دایره رسم می‌شود. چاه هضم کننده باید به شکل دایره باشد و مرکز محل تقاطع دو قطر عمود بر هم باشد که طرح آن بیان شده است.



دیواره چاه باید عمود باشد و قطعات سنگین و حجیم را نباید متصل به دیواره قرارداد.

شکل انتهایی چاه متناسب با اندازه‌هایی که در اصول ساختمانی آن بیان شده، انتخاب می‌شود و بایستی آن قدر کند تا به خاک بکر رسیده. پس باید در حدود ۱.۵ تا ۲.۵ سانتیمتر بتون ریخت و پس از سفت شدن بتون کف، دیواره را آغاز کرد.

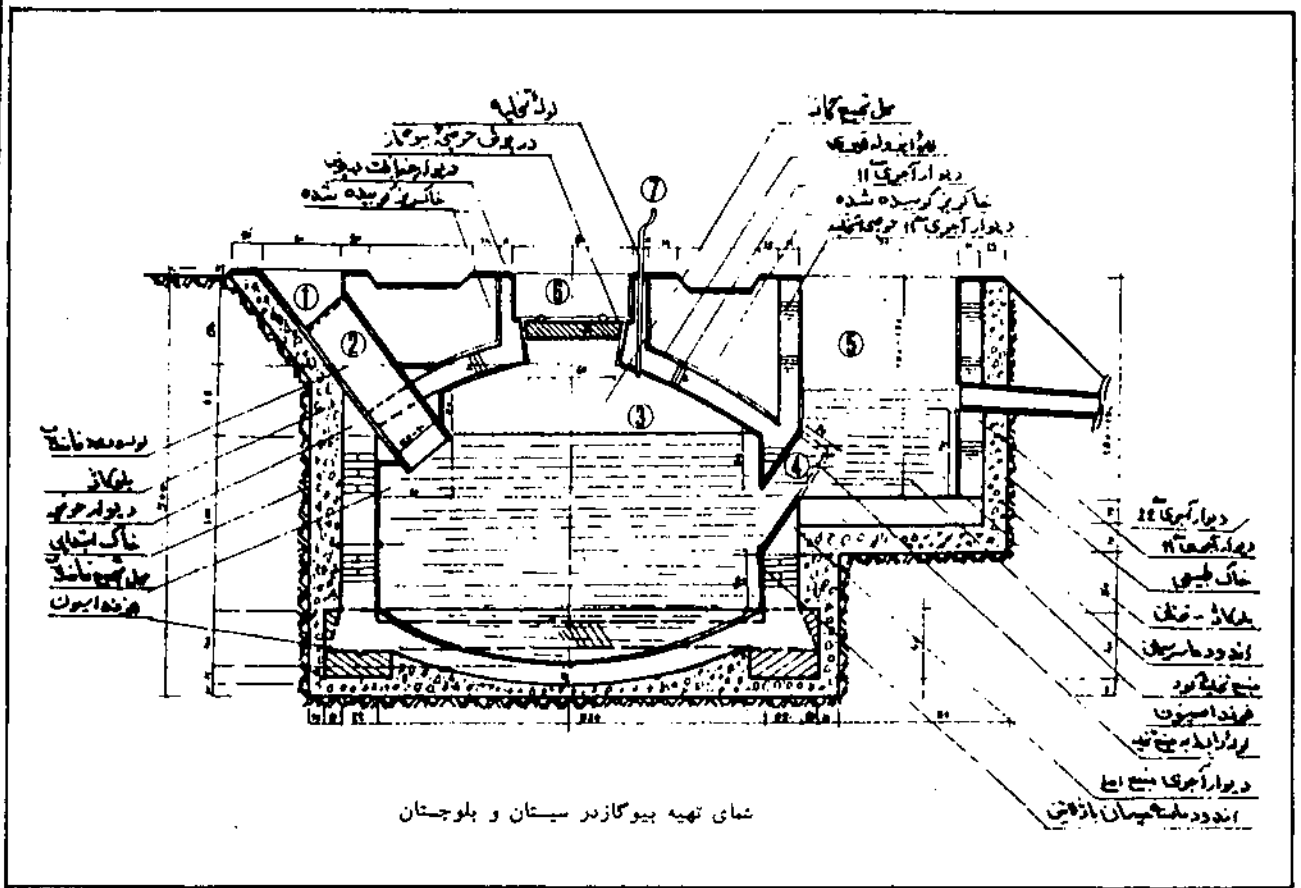
برای ساختن دیواره، باید پیش از چیدن سنگ یا بلوک سطح تماس را مرطوب

کرد و آن را مستقیم و صاف قرارداد و سطح تماس بلوک را کاملاً با ملاط ساروج پوشاند و پس از هر ردیف چیدن، ملاط اضافه را که از کنارها بیرون می‌زند، پاک کرد. برای تمبیر، سطح دیوار را با پاشیدن آب باید مرطوب کرد.

مسئله خاک ریز هم پس از ساختن دیوار حائز اهمیت است. خاکی که برای این منظور به کار می‌رود باید دارای رطوبت ۲۵ تا ۳۵ درصد باشد با آزمایش ساده‌ای این مقدار رطوبت را می‌توان تشخیص داد. به این ترتیب که اگر خاک را در دست فشار دهید حالت کلوخ و گلوله پیدا کنند و وقتی آن را به زمین می‌پاشید مثل شکوفه پهن شود. بهتر است که به خاک مورد استفاده در خاک ریز، در حدود ۳۵ درصد خرده آجر، سفال و سنگ ریزه افزوده شود. خاک ریز را باید به صورت لایه یکنواختی و به ضخامت حدود ۱۵ سانتیمتر در اطراف ساختمان هضم کننده ریخت و هر بار کنترل کرد که در تمام جوانب، ضخامت یکسان است و به هم کاملاً چسبیده است، در اولین مرحله سفت شدن ملاط، باید خاک ریز را کاملاً کوبید تا سفت شود. بهتر است مسیر خروجی و لوله داخلی هم زمان با خاک ریز آماده شود. برای ساختن گنبد هم بایستی به مطالب زیر توجه شود:

اولاً بهتر است که ابتدا گنبد به کمک قالب چوبی قالب بندی شود تا عمل چیدن به طور مرتب و منظم انجام گیرد. چون به این ترتیب مقاومت بهتری برخوردار می‌شود. مطالبی که در مورد ساختن دیوار گفته شد، در شرایطی است که حداقل امکانات وجود داشته باشد. چنانچه در نقاطی دسترسی به آجر وجود داشته باشد و همچنین امکان تهیه سیمان وجود داشته باشد، بهتر است که این عمل به وسیله آجر و ملاط سیمان و ماسه انجام گیرد و با در صورت امکان از بتون معمولی و یا حتی بتون مسلح کمک گرفت.

طرح زیر وضع کلی دیواره و تاق فوقانی را نشان می‌دهد:



هضم کننده به منظور تهیه کود خارج شد، اگر امکان پر کردن فوری آن وجود ندارد، بهتر است آن را به اندازه کافی از آب پر کنند و در پوش آن را محکم بگذارند، به این طریق هضم کننده مرطوب می ماند و برای کار بعدی در شرایط مناسبی خواهد بود.

هضم کننده را پس از اتمام آخرین تعمیر، مدت يك هفته نباید مورد استفاده قرار داد. در صورتی که هضم کننده در منطقه سرد و پرباد باشد، بایستی روی آن را به وسیله نی و یا جگن پوشاند. مطلب دیگری که باید یاد آوری شود، این است که وقتی همه فضولات داخل

پس از ساختن دیوار باید آن را با آب و برس یا جاروی زیر شست تا قسمت های اضافی ملاط، کاملاً پاک شود. آنگاه به وسیله ماسه سیمان آن را همان طور که قبلاً گفته شد، تعمیر کرد. آخرین تعمیر بایستی کاملاً صاف و با ماسه نرم انجام گیرد.

\*\*\*



# پرسش و پاسخ



حسام امینی  
مدرس تربیت معلم

اوربیتالهای هیبریدی  $sp$  کشیده تراز اوربیتالهای خالص  $p$  و  $s$  هستند. بنابراین قدرت پوشاندگی آنها بیشتر است یعنی بهتر می‌توانند اوربیتالهای دیگر را بپوشانند و در نتیجه پیوندهای محکمتری تشکیل می‌دهند و شکل عمومی اوربیتالهای هیبریدی  $sp^2$  نیز تا اندازه زیادی شبیه اوربیتالهای هیبریدی  $sp$  می‌باشد ولی پوشاندگی آنها بیشتر است شکل اوربیتالهای هیبریدی  $sp^2$  تا اندازه زیادی شبیه اوربیتالهای هیبریدی  $sp$  و  $sp^2$  است ولی قدرت پوشاندگی آنها کمی بیشتر است ...»

**پاسخ** - گرچه در مورد یک پیوند خاص، هرچه همپوشانی اوربیتالها بیشتر باشد، انرژی پیوند بیشتر است، اما در مورد مقایسه پیوند های مختلف نمی‌توان تنها قدرت همپوشانی را مقیاسی برای مقایسه پیوندها قرارداد به عنوان مثال، انرژی پیوند مورد بحث یعنی پیوند  $C-H$  را در مولکولهای اتان، اتیلن و استیلن مورد بررسی قرار می‌دهیم (۱).

**پرسش ۱** - انرژی پیوندی  $C-H$  در یدورکربنها، بر حسب نوع هیبریداسیون اوربیتالهای اتم کربن چگونه تغییر می‌کند؟

بخش پرسش و پاسخ این شماره را با نام یکی از همکاران از اهواز، که پس از انتشار شماره اول مجله رشد آموزش شیمی، در مورد یکی از مطالب مندرج در آن شماره مرقوم داشته‌اند آغاز می‌کنیم و ضمن تشکر و تقدیر از توجه دقیق ایشان به مطالب مجله، به نقل قسمتی از نامه ارسالی می‌پردازیم.

«... با توجه به مندرجات شیمی سال چهارم، باید انرژی

پیوندی  $C-H$  در استیلن کمتر از انرژی پیوندی  $C-H$  در اتیلن و اتان باشد، در حالیکه در مجله رشد آموزش شیمی صفحه ۳۹ ستون اول سطر آخر با استدلالهای منطقی، انرژی پیوندی  $C-H$  در استیلن را بیشتر از انرژی پیوندی  $C-H$  در اتیلن و اتان می‌داند... برای تأیید گفته‌هایم عیناً مطالبی که در کتاب شیمی سال چهارم آمده است می‌نویسم.

مولکول	نوع پیوند	نوع اوربیتالهای هیبریدی	طول پیوند ( $\text{\AA}$ )	انرژی پیوند ( $\text{kcal mol}^{-1}$ )
$\text{CH}_3-\text{CH}_3$	$C-H$	$sp^3$	۱/۱	۹۸/۶۷
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$C-H$	$sp^2$	۱/۰۸	۹۸/۶۹
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	$C-H$	$sp$	۱/۰۶	۱۰۲/۳۸

همانطور که در شماره اول مجله رشد شیمی گفته شد، افزایش سهم s در اوربیتال هیبریدی موجب می شود که در پیوند C-H تغییرات زیر روی دهد:

الف - افزایش الکترونگاتیوی کربن و در نتیجه افزایش قطبیت پیوند

ب - کاهش طول پیوند (مطابق جدول بالا) و هر دو تغییر موجب می شوند که انرژی پیوند افزایش یابد. به این ترتیب مطالب کتاب سال چهارم در این مورد، با توجیحات علمی و شواهد تجربی مطابقت ندارد. استحکام یک پیوند به چه عواملی بستگی دارد؟ برای اینکه، این موضوع به طور کاملتر مورد بررسی قرار گیرد، عوامل عمده مؤثر در انرژی پیوند را با تفصیل بیشتری دنبال می کنیم.

۱- در پیوندهایی که الکترونگاتیوی آنها کم باشد به علت ناچیز بودن نیروی جاذبه هسته ها بر الکترونها پیوندی و زیاد بودن طول پیوند. انرژی پیوندی کم است به عنوان مثال، انرژی پیوندی فلزات قلیایی را که پیوند کووالانسی بین آنها در حالت بخار تشکیل می شود در نظر می گیریم.

نوع پیوند	انرژی پیوند (kcal mol <sup>-1</sup> )	A°	اتمها
Li-Li	۲۵	۲/۶	۱
Na-Na	۱۷	۳/۰۸	۰/۹
K-K	۱۲	۳/۲۱	۰/۸

به طوریکه ملاحظه می شود کم بودن الکترونگاتیوی آنها و همچنین زیاد بودن طول پیوند موجب کاهش انرژی پیوندی شده است.

۲- عناصری که الکترونگاتیوی زیاد (بیش از ۲/۵) و شعاع اتمی کوتاه دارند در صورتیکه بین اتمهای خود پیوند برقرار کنند طول پیوند نیز کوتاه خواهد بود در نتیجه نیروی دافعه هسته ها و ممانعت فضایی اوربیتالهای غیر پیوندی موجب کاهش مقدار انرژی پیوندی خواهد شد. مثال:

نوع پیوند	انرژی پیوند (kcal mol <sup>-1</sup> )	A°	اتم
F-F	۳۷	۰/۷۲	۴
O-O	۳۵	۰/۷۴	۳/۵
N-N	۳۹	۰/۷۴	۳

۳- عناصری که الکترونگاتیوی متوسط (بین ۲ تا ۲/۵) دارند در صورتیکه بین اتمهای خود پیوند برقرار کنند، به ویژه

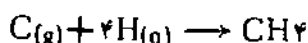
در مواردی که طول پیوند کوتاه باشد مقادیر انرژی پیوند به طور قابل توجهی زیاد خواهد بود زیرا علاوه بر نیروی جاذبه لایه لایه توجه هسته ها، اثر کاهش دهنده عوامل بیان شده در بند ۲ ناچیز است. مثال:

نوع پیوند	انرژی پیوند (kcal mol <sup>-1</sup> )	A°	اتم
H-H	۱۰۴	۰/۳	۲/۱
C-C	۸۳	۱/۵۴	۲/۵

۴- وجود اوربیتالهای d، و شرکت آنها در پیوند موجب می شود که پیوند، استحکام بیشتری یابد مثلاً در مولکول Cl<sub>۲</sub>، علاوه بر پیوند کووالانسی، به علت پیوند داتیوی که بین اوربیتالهای دو الکترونی غیر پیوی هراتم کلر، با اوربیتال خالی اتم مجاور برقرار می شود مولکول Cl<sub>۲</sub>، (Cl  $\rightleftharpoons$  Cl) استحکام بیش از حد انتظار در مقایسه با سایر هالوژنها می یابد. ۵- در صورتی که پیوند، بین دو اتم متفاوت، تشکیل شود هر چه تفاوت الکترونگاتیوی دو اتم بیشتر باشد پیوند قطبی تر بوده و استحکام بیشتری دارد. مثال:

نوع پیوند	انرژی پیوند (kcal mol <sup>-1</sup> )	تفاوت الکترونگاتیوی
H-F	۱۳۴/۵	۴ - ۲/۱ = ۱/۹
C-F	۱۱۶	۴ - ۲/۵ = ۱/۵
H-O	۱۱۰	۳/۵ - ۲/۱ = ۱/۴
C-Cl	۸۱	۳ - ۲/۵ = ۰/۵

۶- در مولکولهای چند اتمی که در آنها تمام پیوندها یکسان باشد (مانند CH<sub>۴</sub>) انرژی تشکیل ترکیب مورد نظر از اتمهای آنرا بر تعداد پیوندها تقسیم می کنند تا میانگین انرژی پیوندی به دست آید. مثال:



$$\Delta H = -397 \text{ kcal}$$

$$E_{C-H} = \frac{397}{4} = 99 \text{ kcal mol}^{-1}$$

در صورتی که در این نوع ترکیبات، پیوند ها به ترتیب گسسته شوند انرژی های پیوندی بایکدیگر برابر نخواهند بود زیرا گسستن هر پیوند موجب تغییراتی در انرژی پیوند باقیمانده خواهد شد.

در این مورد نیز برای تعیین میانگین انرژی پیوندی، مجموع انرژی ها را بر تعداد پیوندها تقسیم می کنند. مثلاً

در مورد متان داریم :

$$E_{C-H} = \frac{102 + 88 + 124 + 80}{4}$$

$$= 99 \text{ kcal mol}^{-1}$$

**پرسش ۲ -** چرا جرم اتمی عناصر معمولاً عدد صحیح نیست؟

**پاسخ -** از آنجا که جرم يك اتم به قدری كوچك است كه بیان آن بر حسب واحد گرم موجب دشواری محاسبات خواهد شد معمولاً، جرم نسبی، یعنی نسبت جرم هر اتم به واحد انتخاب شده را در محاسبات به كار برده و آنرا جرم اتمی یا به عبارت بهتر، جرم اتمی نسبی می نامند.

امروزه برای انتخاب شده، واحد کربنی است در سال ۱۹۶۱ سبکترین ایزوتوپ کربن (یعنی  $^{12}_6\text{C}$ ) را در نظر گرفته و جرم آنرا دقیقاً برابر ۱۲ واحد جرم اتمی قرارداد کردند.

به این ترتیب،  $^{12}_6\text{C}$  به نام واحد جرم اتمی  $1 \text{ a.m.u.}$  خوانده می شود جرم این واحد برابر  $1.6603 \times 10^{-24}$  گرم است. نسبت جرم هر اتم به واحد کربنی، جرم اتمی آن اتم نامیده می شود.

**مثال -** با استفاده از دستگاه طیف نگار جرمی، نسبت جرم اتم  $^{16}\text{O}$  به  $^{12}\text{C}$  برابر  $1.3329$  می باشد جرم اتمی  $^{16}\text{O}$  بر حسب واحد کربن برابر است با :

$$1.3329 \times 12 = 15.9948$$

به طوریکه ملاحظه می شود جرم اتمی  $^{16}\text{O}$  عددی کسری است. به همین ترتیب جرم اتمی سایر اتم ها نیز عددی کسری خواهد بود.

در اینجا لازم است این نکته را یاد آور شویم که برخی تصور می کنند که علت کسری بودن جرم اتمی عناصر، وجود پدیده ایزوتوپی است در صورتیکه چنین نیست و به طوریکه در مثال قبل نشان داده شد جرم اتمی  $^{16}\text{O}$  عددی کسری است.

به نظر می رسد که منشاء این سوء تفاهم کتاب شیمی سال دوم دبیرستان است در صفحه ۳۳ چاپ سال ۶۳ این کتاب آمده است:

«جرم اتمی عناصر گوناگون عدد صحیح نیست زیرا عناصری که در طبیعت یافت می شوند مخلوطی از چند ایزوتوپ هستند...»

می توان گفت که در این مورد باید بین مفاهیم عدد جرمی، جرم اتمی نسبی و متوسط جرم اتمی يك عنصر تفاوت قائل شد. عدد جرمی يك اتم، مجموع تعداد پروتونها و نوترونهاست و عدد کسری نیست جرم اتمی (نسبی) همانطور که گفته شد

نسبت جرم هر اتم به واحد کربنی است و عدد کسری است. متوسط جرم اتمی، میانگین جرم های اتمی (نسبی) ایزوتوپهای يك عنصر، با توجه به درصد فراوانی آنها در طبیعت است. که کمیتی کسری است این اشتباه در چاپ ۶۴ شیمی سال دوم اصلاح شده است و مثالی را که در این کتاب آورده شده است در اینجا تکرار می کنیم.

جرم اتمی متوسط کربن، که دارای دو ایزوتوپ به جرمهای اتمی نسبی  $34/97$  و  $36/95$  واحد جرم اتمی است و فراوانی نسبی آنها در کربن طبیعی به ترتیب  $75/53$  و  $24/47$  درصد می باشد به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\frac{75}{100} \times 34/97 + \frac{24}{100} \times 36/95 =$$

$$35/453 \approx 35/5$$

چرا نسبت جرم های اتمی دو اتم با نسبت عددهای جرمی آنها برابر نیست؟

ضمن مثال مربوط به مقایسه اتمهای اکسیژن و کربن گفتیم که نسبت جرم اتم  $^{16}\text{O}$  به  $^{12}\text{C}$  برابر  $1.3329$  است در صورتیکه نسبت عدد جرمی آنها برابر  $16/12 = 1.3333$  است

می باشد. علت این تفاوت را می توان در سه مورد زیر دانست: الف - در محاسبه عدد جرمی تعداد پروتون و نوترون منظور می شود ولی در محاسبه جرم اتمی، جرم نسبی این ذرات به واحد جرم اتمی مورد توجه قرار می گیرد و به طوریکه جدول زیر نشان می دهد جرمهای نسبی نوترون و پروتون بر اساس واحد کربنی از واحد، بزرگتر است.

### ذره جرم نسبی جرم بر حسب گرم در حالت آزاد

پروتون	$1/00728$	$1.6723 \times 10^{-24}$
نوترون	$1/00867$	$1.6745 \times 10^{-24}$

۲- در محاسبه جرم اتمی، جرم الکترونها نیز مؤثر است. گرچه معمولاً از آن صرف نظر می شود.

۳- نکته مهم آنکه جرم يك اتم از مجموع جرمهای ذرات تشکیل دهنده آن در حالت آزاد، کمی کوچکتر است. علت آنستکه تشکیل هسته از پروتون و نوترون، با کاهش جرم همراه است و در این عمل مقداری از جرم به انرژی مبدل می شود، که می توان با استفاده از رابطه  $E = mc^2$  انرژی معادل با آنرا محاسبه کرد. این مقدار را، انرژی پیوستگی هسته می نامند که عامل اتصال ذرات تشکیل دهنده هسته به یکدیگر است همانطور که در شکل زیر نشان داده شده جرم هسته هلیوم

$^4_2\text{He}$  به میزان  $0.0305$  واحد جرم اتمی از مجموع جرمهای

1- Atomic mass unit



پروتون و نوترون کمتر است.

۱/۰۰۷۳	amu	p		
«	«	p		
۱/۰۰۸۷	«	n	۲p	- ۰/۰۳۰۵
۱/۰۰۸۷	«	n	۲n	
۴/۰۳۲۰	«			۴/۰۰۱۵

روشن است که هرچه مقدار انرژی آزاد شده ضمن تشکیل هسته بیشتر باشد پایداری هسته بیشتر است.

در پایان، این مطلب را نیز یادآوری می‌کنیم که در گذشته، در شیمی، مبنای محاسبه جرم اتمی، متوسط جرم اتمی مخلوط طبیعی ایزوتوپهای اکسیژن ( $^{16}\text{O}$ ،  $^{17}\text{O}$  و  $^{18}\text{O}$ ) بود که دقیقاً برابر ۱۶ در نظر گرفته می‌شد؛ در صورتیکه در فیزیک ایزوتوپ  $^{16}\text{O}$  به عنوان مبنا مورد استفاده قرار می‌گرفت، از اینرو اعداد متفاوتی در مورد جرم اتمی عناصر، در شیمی و فیزیک به دست می‌آمد و اوزان اتمی فیزیکی،  $1/0028$  برابر اوزان اتمی شیمیایی بزرگتر بود همان‌طور که گفته شد، در سال ۱۹۶۱ با انتخاب  $^{12}\text{C}$  به عنوان پایه، دوگانگی در مورد جرمهای اتمی برطرف گردید.

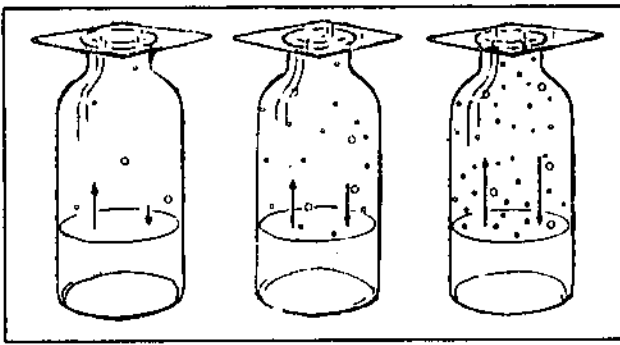
**پرسش ۳ -** چرا باحل شدن يك ماده غیر فرار در يك حلال، فشار بخار آن کاهش می‌یابد؟

**پاسخ -** وقتی ماده‌ی درحلالی حل شود، خواص فیزیکی حلال، دچار تغییراتی می‌شود. نمونه این تغییرات کاهش فشار بخار آن است.

مفهوم فشار بخار يك مایع چیست؟ - در يك ظرف سر بسته، مقداری از يك مایع که در بالای سطح آن، کمی فضای خالی وجود دارد، در دمای معین در نظر می‌گیریم به تدریج مولکولهای از سطح مایع که انرژی جنبشی بیشتری دارند تحت تأثیر انرژی گرمایی محیط و متناسب با آن از مایع جدا شده، در فضای بالای مایع قرار می‌گیرند (این پدیده، تبخیر نام دارد).

مولکولهای بخار شده نیز به علت برخورد با یکدیگر و همچنین به علت برخورد با سطح مایع و تحت تأثیر نیروی جاذبه آن، مجدداً به صورت مایع درمی‌آیند (این پدیده، میعان نامیده می‌شود).

ابتدا سرعت میعان از سرعت تبخیر کمتر است. ولی با ازدیاد تدریجی مولکولها در فاز بخار، به سرعت میعان افزوده می‌شود. و در صورتیکه دمای محیط ثابت باشد، زمانی فرامی‌رسد که سرعت تبخیر، با سرعت میعان برابر می‌شود. به عبارت دیگر تعداد مولکولهای که در واحد زمان به فاز بخار می‌روند، برابر تعداد مولکولهای می‌گردند که وارد فاز مایع می‌شوند. در اینحالت بین فازهای مایع و بخار حالت تعادل برقرار می‌شود.



و چون در حالت تعادل، غلظت مولکولها در فاز بخار (تعداد مولکولها در واحد حجم) ثابت می‌ماند، می‌توان گفت که فضا از بخار، اشباع شده است.

فشاری را که به وسیله بخار، در حالت اشباع، اعمال می‌شود، به طور خلاصه، فشار بخار آن مایع در دمای مورد نظر، می‌نامند.

فشار بخار يك مایع، به چه عواملی بستگی دارد؟

فشار بخار مایع، به دو عامل بستگی دارد:

**الف - نیروهای بین مولکولی در مایع**  
**ب - دما**  
**الف -** نیروهای بین مولکولی - هرچه نیروهای بین مولکولی در مایعات بیشتر باشد، در يك دمای معین، سرعت تبخیر آنها کمتر و در نتیجه فشار بخار آنها نیز کمتر است برعکس، مایعاتی که نیروهای بین مولکولی آنها از نوع نیروهای ضعیف و اندروالسی باشد (مانند مایعات غیر قطبی و یا مایعات قطبی که پیوند هیدروژنی ندارند)، چون در يك دمای معین، به سرعت تبخیر می‌شوند، فشار بخار آنها نیز در آن دما زیاد است.

**ب -** تغییرات فشار بخار يك مایع بر حسب دما - با ازدیاد دما، فشار بخار مایع، افزایش می‌یابد زیرا افزایش دما، انرژی جنبشی مولکولها را افزایش داده، بر سرعت تبخیر می‌افزاید، یا افزایش سرعت تبخیر، غلظت مولکولها در فاز بخار نیز زیاد شده، در نتیجه به سرعت میعان نیز افزوده می‌شود. به طوریکه با ثابت ماندن دمای جدید، مجدداً تعادل (با سرعتهای جدید که بیشتر از سرعتهای قبلی است) برقرار می‌شود. در تعادل جدید، غلظت مولکولها در فازگازی بیش از غلظت آنها در دمای پیشین است. بنابراین فشار بخار نیز بیشتر خواهد بود. برای مثال، در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  فشار بخار آب برابر  $17/5$  میلی‌متر جیوه، و فشار بخار اکسید اتیل (اتر معمولی) برابر  $55/3$  میلی‌متر جیوه است.

اکنون به زمینه اصلی پرسش باز می‌گردیم و به بررسی این مطلب می‌پردازیم که چرا فشار بخار حلال ناخالص، کمتر از فشار بخار آن در حالت خلوص است. با انحلال يك ماده غیر فرار (مانند A) در يك حلال (مانند B) به علت قرار گرفتن

بررسی های دیگر را تئول نشان داد که اگر بخواهیم تناسب بالا را به تساوی تبدیل کنیم باید کسر مولی حلال را در نظر بگیریم. یعنی:

$$P = X P^{\circ}$$

X، کسر مولی، یا جزء مولی حلال است.

منظور از کسر مولی Mole fraction چیست؟

کسر مولی هر ماده تشکیل دهنده یک محلول، برابر نسبت تعداد مولهای آن ماده به تعداد کل مولهای اجزاء تشکیل دهنده آن محلول است.

مثلاً اگر  $n_A$  مول از ماده A را با  $n_B$  مول از ماده B مخلوط کنیم کسر مولی A و B عبارتند از:

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad (\text{کسر مولی A})$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad (\text{کسر مولی B})$$

مثال - ۰/۵۵ مول ماده A را در ۰/۱ مول ماده B حل می کنیم کسر مولی هر کدام عبارتند از:

$$X_A = \frac{0.55}{0.1 + 0.55} = \frac{1}{3}$$

$$X_B = \frac{0.1}{0.1 + 0.55} = \frac{2}{3}$$

در این محلول، تعداد مولکولهای حلال، در واحد سطح، به ۲ مقدار آن در حالت خلوص می رسد. از اینرو احتمال سرعت ۳

تبخیر مولکولهای آن در واحد سطح به  $\frac{2}{3}$  تقلیل می یابد.

محلول ایده آلی را در نظر می گیریم که در آن حلال و ماده حل شده هر دو فرار باشند (مانند محلول هپتان در اکتان) اندازه گیری فشار بخار اینگونه محلولها نشان می دهد که:

الف - فشار بخار محلول برابر مجموع فشار بخار حلال و ماده حل شده است.

ب - فشار بخار ماده حل شده نیز (مانند فشار بخار حلال) متناسب با فشار بخار آن به حالت خلوص است.

چنانچه حلال را با B و مانده حل شده را با A نشان دهیم رابطه را تئول در مورد فشار بخار هر یک از اجزاء چنین است:

$$P_A = X_A P_A^{\circ}$$

$$P_B = X_B P_B^{\circ}$$

$$P(\text{کل}) = P_A + P_B$$

مثال - در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  فشار بخار بنزن و تولوئن به ترتیب برابر ۳۸/۵ و ۱۳/۹ سانتی متر جیوه است. فشار بخار

ذرات ماده A در بالای ذرات B، تعداد مولکولهای B در واحد حجم محلول و همچنین در لایه سطحی کاهش می یابد. در نتیجه تعداد مولکولهایی از B که می توانند از لایه سطحی در واحد زمان بخار شوند کمتر از تعداد مولکولهایی خواهد بود که می توانند از لایه سطحی B خالص بخار شوند.

به عبارت دیگر، سرعت تبخیر ماده B در مجاورت ماده A کمتر از سرعت تبخیر آن در حالت خلوص است.

حال اگر در ظرف محنوی حلال B که با بخار آن در حال تعادل است مقداری ماده غیر فرار A بیفزاییم بنا به مطالب گفته شده سرعت تبخیر ماده B کاهش می یابد و چون سرعت میعان هنوز بیش از سرعت تبخیر است (زیرا سرعت میعان با سرعت حلال خالص پیش از انحلال ماده حل شده برابر بود) لذا تعداد مولکولها در فاز بخار به تدریج نقصان می یابد و این عمل تا زمانی که سرعت میعان با سرعت تبخیر برابر شود ادامه خواهد داشت و هنگامی که سرعت میعان با سرعت تبخیر برابر شود، حالت تعادل مجدداً بین دو فاز مایع و بخار برقرار خواهد شد.

بدین ترتیب با کاهش تعداد مولکولها در واحد حجم بخار، فشار بخار نیز کاهش می یابد.

بدینتی است که هر چه محلول غلیظ تر باشد فشار بخار کاهش بیشتری می یابد.

در میان بالا، فرض بر اینست که انحلال ماده A، موجب تغییر نیروی جاذبه بین ماده B نشود، این نوع محلولها را، محلولهای ایده آل یا محلولهای کامل می نامند. در تهیه محلولهای ایده آل، تبادل حرارتی قابل توجهی صورت نمی گیرد (اما در صورتی که بین ذرات A و ذرات B نیروی جاذبه ای برقرار شود که قوی تر از نیروی جاذبه بین ذرات B باشد اثر آن در کاهش سرعت تبخیر ماده B بیشتر است که بحث در باره آنرا به صفحات بعد موکول می کنیم).

نکته قابل توجه اینکه اگر ماده حل شده غیر فرار باشد فشار بخار، فقط مربوط به حلال است اما اگر حلال و ماده حل شده هر دو فرار باشند (مانند محلول شامل بنزن و تولوئن) فشار بخار محلول برابر با مجموع فشار بخار اجزاء تشکیل دهنده آن می باشد.

را تئول در سال ۱۸۸۶ فشار بخار محلولهای ایده آل رقیق، متشکل از یک حلال فرار و یک ماده حل شده غیر فرار و غیر یونیزه را مورد بررسی قرارداد. نتیجه این بررسیها نشان داد که فشار هر محلول (که در این مورد به علت غیر فرار بودن ماده حل شده فقط مربوط به حلال است) متناسب با فشار بخار حلال خالص است.

$$P \propto P^{\circ}$$

یعنی: P، فشار بخار حلال ناخالص.

$P^{\circ}$ ، فشار بخار حلال خالص،

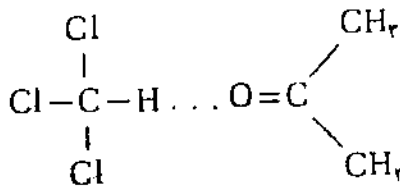
محلولی شامل يك مول بنزن و ۴ مول تولوئن که محلول ایده آل به شمار می رود) عبارتست از:

$$P = \frac{1}{5} \times 38/5 = 7/7 \text{ cmHg} \quad (\text{بنزن})$$

$$P = \frac{4}{5} \times 12/9 = 11/12 \text{ cmHg} \quad (\text{تولوئن})$$

$$P = 7/7 + 11/12 = 18/82 \text{ cmHg} \quad (\text{کل})$$

به صورت زیر است:



در صورتیکه در مورد اول، پیوند تیدروژنی که بین الکل و کلروفرم که قوی تر از پیوند تیدروژنی بین مولکولهای الکل باشد تشکیل نمی شود.

لازم به تذکر است که میزان انحراف از قانون راول در محلولهای حقیقی، نیز با کسر مولی حلال و ماده حل شده متناسب است. بنابراین میزان انحراف از قانون راول در محلولهای غلیظ، قابل توجه ولی در محلولهای رقیق ناچیز است. به همین مناسبت در محلولهای رقیق، می توان از قانون راول، فشار بخار محلولهای حقیقی را با دقت نسبتاً کافی محاسبه کرد.

در صورتی که ماده حل شده، در حلال یونیزه شود. به علت آنکه قسمتی از مولکولهای ماده حل شده، به چندین یون تفکیک می شود، تعداد ذرات موجود بیشتر از تعداد ذرات حل شده است. مسلم است که این تعداد برابر مجموع یونهای تولید شده و ذرات یونیزه نشده خواهد بود.

در اینگونه موارد می توان کسر مولی ماده حل شده را در  $1 + \alpha(\chi - 1)$  ضرب کرد.  $\alpha$  درجه یونیزاسیون و  $\chi$  تعداد یونهای حاصل از یونیزاسیون هر مولکول است.

توضیحی بر آزمایش کتاب شیمی سال سوم دبیرستان اگر در زیر يك سرپوش، دویشر، یکی محتوی آب خالص (بشر شماره I) و دیگری محلول شکر در آب (بشر شماره II) قرار دهیم، مشاهده خواهیم کرد که پس از مدتی سطح آب خالص، پایین تر آمده و سطح محلول شکر، بالاتر رفته است. این پدیده را چگونه می توان توجیه کرد.

در موقع تعادل، در زیر سرپوش، فشار بخار، برابر فشار بخار آب خالص است. و این فشار، بیش از فشار بخار محلول است. پس طبق اصل لوشاتلیه، به منظور کم شدن فشار بخار، مقداری از بخار به محلول برمی گردد. با این عمل، فشار بخار کل، کمتر از فشار بخار آب خالص می شود در نتیجه مقداری آب به صورت بخار درمی آید تا کم شدن بخار را جبران کند، پس از جبران شدن کمبود فشار بخار، مجدداً اعمال گفته شده در فوق تکرار می شود و با ادامه این عمل، آب خالص به محلول منتقل می شود مسلم است که در زیر سرپوش، بین بخار و مایع تعادل تشکیل نمی شود.

به طوریکه ملاحظه می شود، فشار بخار هر کدام از اجزاء مخلوط، از فشار بخار آنها در حالت خلوص کمتر است.

فشار بخار محلولهای حقیقی چگونه است؟ بحث ما تا کنون درباره محلولهای ایده آل بود. گفتیم که محلولهای ایده آل، محلولهایی هستند که در آنها اجزاء تشکیل دهنده، از لحاظ نیروی بین مولکولی تفاوت چندانی ندارند. اکنون گفتار ما در مورد محلولهای غیره ایده آل، یا محلولهای حقیقی است در این محلولها، نیروی بین مولکولی در حلال خالص، به میزان قابل توجهی با نیروی بین مولکولی ماده حل شده تفاوت دارد. به عبارت دیگر اگر از اختلاط دو ماده A و B، با یکدیگر محلول حقیقی حاصل شود، نیروهای بین مولکولی حلال و ماده حل شده (A-B) متفاوت از نیروهای بین مولکول در حلال خالص (B-B) و در ماده حل شونده (A-A) خواهد بود.

در صورتیکه نیروهای A-B قوی تر از نیروهای A-A و B-B باشد به علت اینکه مولکولها در محلول محکمتر از مولکولهای مایع خالص به هم چسبیده اند امکان بخار شدن مولکولهای A و B از سطح محلول کاهش می یابد و در نتیجه فشار بخار محلول، کمتر از فشار بخار محاسبه شده از فرمول پیشنهادی راول (یعنی در مقایسه با محلولهای ایده آل) خواهد بود. این پدیده را انحراف منفی از قانون راول می نامند. مسام است که تهیه اینگونه محلولها گرمای است برعکس، اگر نیروهای A-B ضعیفتر از نیروهای A-A و B-B باشد اجزاء تشکیل دهنده محلول، تحریک بیشتری یافته، آسانتر از حالت خلوص می توانند بخار شوند، در نتیجه فشار بخار محلول، از مقدار محاسبه شده از فرمول راول، بیشتر می باشد. این نوع پدیده را انحراف مثبت از قانون راول می نامند. این نوع انحلال گرماگیر است.

**مثال -** محلول اتیل الکل و کلروفرم از قانون راول انحراف مثبت و محلول استن و کلروفرم، انحراف منفی نشان می دهد، در مورد اخیر، بین استن و کلروفرم پیوند تیدروژنی تشکیل می شود، در صورتیکه در هیچیک از این دو، در حالت خلوص، چنین پیوندی وجود ندارد. نمایش این پیوند

برقراری تعادل مجدد، لازم است که دما، کاهش یابد تا در دمای دیگری فشار بخار آنها بایکدیگر برابر شود.

توضیح ساده تر اینکه، با سرد کردن يك مایع از سرعت حرکت آزاد و نامنظم ذرات تشکیل دهنده مایع، به تدریج کاسته می شود و در صورتی که دما به حدی کاهش یابد که این حرکت ها تقریباً متوقف شود، ذرات ساختمان هندسی منظم پیدا کرده و منجمد می شوند در این حالت، حرکت ذرات به جنبش نوسانی محدود می شود.

حال اگر در مایعی، جسم دیگری حل شود، چون قسمتی از فضای بین ذرات حلال از ذرات ماده حل شده اشغال می شود و در برخی موارد، به جهت نیروی جاذبه ای که به ذرات حلال وارد می کنند، مانع از آن می شوند که ذرات حلال بتوانند به سهولت به یکدیگر نزدیک شوند و ساختمان هندسی منظم پیدا کنند.

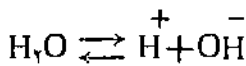
از این جهت باید دمای محلول را کاهش داد تا ذرات حلال به یکدیگر نزدیک شده و با کنار زدن مانع، انجماد حاصل کنند.

پرسش ۴ - pH محلول ۱۰ مولار اسید کلریدریک در دمای ۲۵°C چقدر است؟

پاسخ - در محاسبه مربوط به PH معمولاً از H<sup>+</sup> حاصل

از آب در مقابل H<sup>+</sup> حاصل از اسید حل شده، صرف نظر می شود ولی در محلولهای بسیار رقیق از قبیل پرسش مورد بحث، از H<sup>+</sup> آب نمی توان صرف نظر کرد، بلکه باید آن را نیز در محاسبه PH منظور کرد:

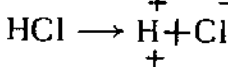
در آب خالص، در دمای معین تعادل زیر برقرار است:



که غلظت یونهای H<sup>+</sup> و OH<sup>-</sup> در دمای ۲۵°C عبارت است از:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ M}$$

کلرید هیدروژن پس از حل شدن در آب به صورت زیر یونیزه می شود:

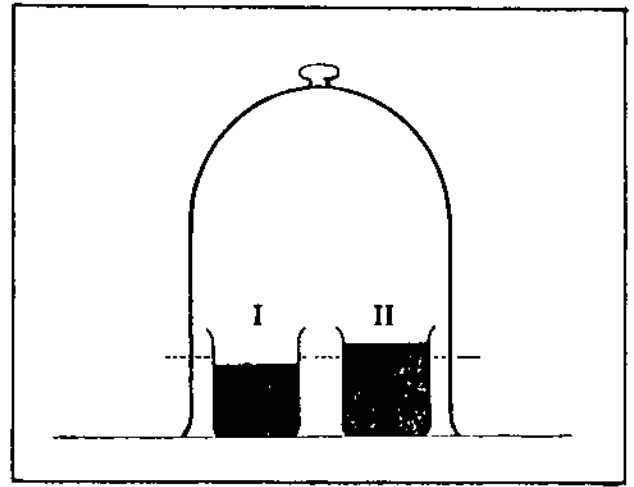


در نتیجه به علت اثر یون مشترک H<sup>+</sup> حاصل از یونیزاسیون HCl، سیستم در حال تعادل مربوط به آب به سمت چپ جا به جا شده و منجر به تشکیل تعادل جدیدی می شود در تعادل

جدید غلظت های H<sup>+</sup> و OH<sup>-</sup> عبارتند از:

$$[H^+] = 10^{-7} + 10^{-\alpha}$$

$$[OH^-] = 10^{-7} - \alpha$$



با انحلال يك ماده غیر فرار، در يك حلال، چرا نقطه جوش حلال افزایش می یابد؟

جوشش (غلیان)، حالت خاصی از تبخیر است که عمل، با سرعت زیاد و همراه با تشکیل حبابهای فراوان انجام می گیرد، جوشیدن يك مایع، هنگامی آغاز خواهد شد که فشار بخار مایع با فشار جو برابر شود. بنابراین، نقطه جوش هر مایع، دمایی است که در آن دما، فشار بخار مایع با فشار خارجی وارد بر سطح آن برابر می شود.

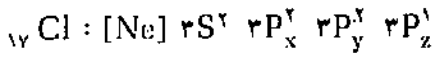
با توجه به اینکه فشار بخار هر حلال مایع، بر اثر انحلال يك ماده غیر فرار در آن کاهش می یابد، پس اگر به يك حلال خالص، در نقطه جوش آن مقداری از ماده حل شونده غیر فرار بیفزاییم، کاهش فشار بخار (از فشار خارجی) سبب خواهد شد که حلال از جوشش بیفتد و برای جوشیدن مجدد آن بایستی دما را به اندازه ای افزایش داد که فشار محلول بتواند در دمای جدید با فشار خارجی برابری کند (به طوریکه گفته شد افزایش دما موجب افزایش فشار بخار می شود).

با انحلال يك ماده، در يك حلال، چرا نقطه انجماد آن کاهش می یابد؟

می دانیم که نقطه انجماد يك مایع، دمایی است که در آن دما، مایع و جامد در حال تعادلند. به عبارت دیگر در دمای انجماد، فشار بخار يك مایع با فشار بخار جامد آن، برابر است. مثلاً در دمای صفر درجه سانتیگراد، مخلوط آب خالص و یخ در ظرف سربسته می توانند تا مدت نامحدودی بایکدیگر در حال تعادل باشند بدون اینکه از مقدار یکی از آنها کاسته و به دیگری افزوده شود علت اینست که در این دما، فشار بخار هر کدام، برابر ۴/۶ میلی متر جیوه است.

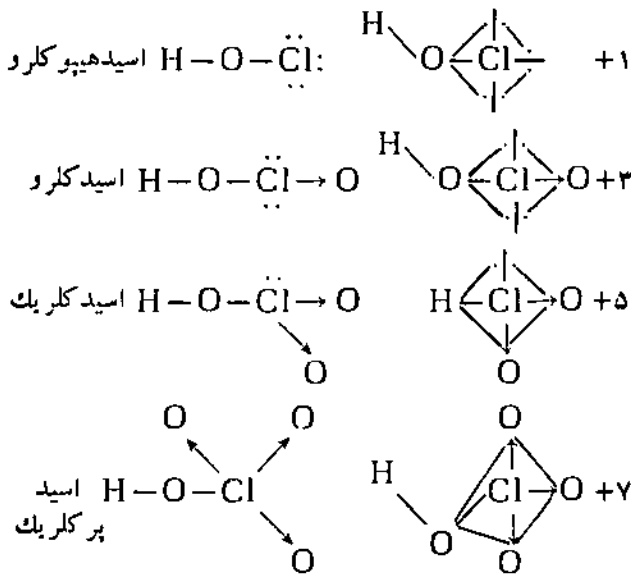
اکنون اگر به این مخلوط، مقداری از يك ماده را که نقطه انجماد آن از نقطه انجماد آب پایین تر است بیفزاییم تا در آب حل شود، محلول حاصل فشار بخاری کمتر از ۴/۶ میلی متر جیوه (یعنی کمتر از فشار بخار یخ) خواهد داشت در نتیجه تعادل بین یخ و محلول به هم خورده، یخ ذوب می شود. برای

الف - تشکیل پیوندهای داتیو، بدون برانگیخته شدن اتم - با توجه به آرایش الکترونی اتم کلر.

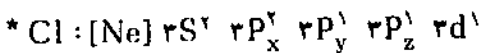


می توان دانست که این اتم در لایه ظرفیت، دارای سه اوربیتال دو الکترونی و یک اوربیتال تک الکترونی است. بنابراین علاوه بر یک پیوند کووالانسی، در شرایط مناسب می تواند حداکثر سه پیوند کووالانسی تشکیل دهد. اکسی اسیدهای کلر، نمونه این ترکیبات است.

نام عدد اکسیداسیون



بدین ترتیب کلر دارای عدد اکسیداسیون +7 خواهد بود. ب - تشکیل پیوندهای کووالانسی ضمن برانگیخته شدن اتم کلر در لایه ظرفیت، علاوه بر سه اوربیتال دو الکترونی، دارای 5 اوربیتال خالی متعلق به تراز فرعی d 3 می باشد بنابراین می تواند در حالت های گوناگون برانگیختگی، با اعداد اکسیداسیون متنوع پیوندهای کووالانسی تشکیل دهد. کلر در اولین حالت برانگیختگی آرایش الکترونی زیر را خواهد داشت:



در این حالت که دارای سه اوربیتال تک الکترونی است. اوربیتال های لایه ظرفیت آن به صورت  $\text{SP}^2\text{d}$  هیبرید شده در تشکیل پیوند کووالانسی شرکت می کند مولکول  $\text{ClF}_3$  (تری فلوئورید کلر) مثالی از ایسن نوع است که شکل آن

$\alpha$  تعدا مولهای  $\text{H}^+$  یا  $\text{OH}^-$  است که با جا به جاشدن تعادل، با یکدیگر ترکیب شده اند، در ضمن باید در نظر داشت که در محلول، یون  $\text{Cl}^-$  حاصل از اسید کلریدریک نیز وجود دارد که غلظت آن برابر  $10^{-8} \text{ M}$  است.

برای به دست آوردن  $[\text{H}^+]$  این محلول، می توان به ترتیب زیر استدلال کرد چون محلول از نظر بار الکتریکی خنثی است. غلظت یونهای مثبت و منفی با یکدیگر برابر است یعنی:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] \rightarrow [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + 10^{-8}$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{H}^+] - 10^{-8}$$

و از آنجا:

در صورتی که غلظت  $\text{H}^+$  را برابر  $x$  فرض کنیم می توان نوشت:

$$[\text{OH}^-] = x - 10^{-8}$$

حاصل ضرب یونی آب به صورت زیر است:

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

$$x(x - 10^{-8}) = 10^{-14}$$

در نتیجه:

$$x^2 - 10^{-8}x - 10^{-14} = 0$$

با حل این معادله درجه 2 نتیجه می شود:

$$x_1 = 1/05 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$x_2 = -9/5 \times 10^{-8} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 1/05 \times 10^{-7}$$

غلظت منفی قابل نیست پس:

$$\text{PH} = -\log(1/05 \times 10^{-7}) = 6/98$$

لازم به تذکر است که در معیارهای عملی، محلول  $\text{HCl}$  به غلظت گفته شده در فوق معنایی ندارد.

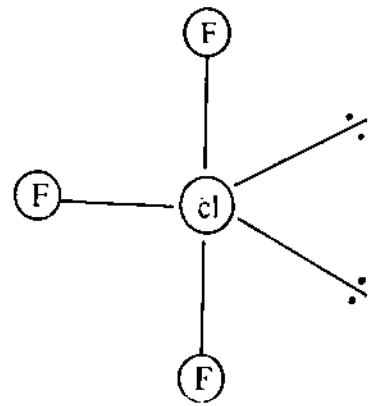
پرسش 5 - آیا کلر نیز می تواند مانند ید دارای عدد اکسیداسیون +7 باشد؟

پاسخ - اتم کلر (مانند سایر هالوژنها)، به دو طریق می تواند با اعداد اکسیداسیون متنوع در تشکیل پیوند شرکت کند:

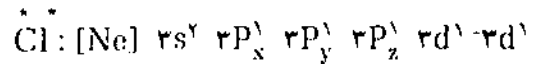
الف - با تشکیل پیوندهای داتیو بدون برانگیختگی.

ب - با تشکیل پیوندهای کووالانسی ضمن برانگیختگی.

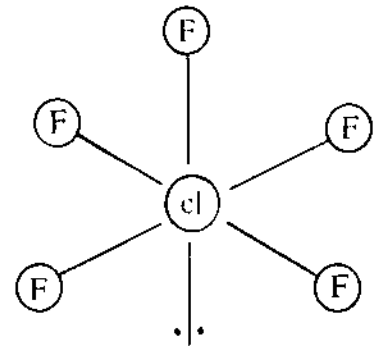
به صورت زیر است:



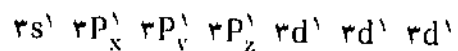
در دومین حالت برانگیختگی آرایش الکترونی کلر به صورت زیر خواهد بود:



که به صورت هیبریداسیون  $sp^2d^2$  در تشکیل پیوند کووالانسی شرکت می کند، مانند مولکول  $\text{ClH}_5$  (پنتا فلوروئید کلر) که شکل مولکول آن به صورت زیر است:

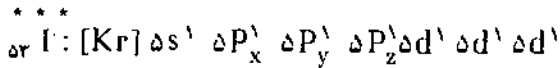


اکنون به نکته اصل مورد نظر در این سؤال می پردازیم و آن است که آیا ممکن است برای اتم کلر حالت برانگیختگی به صورت زیر نیز پیش آید:

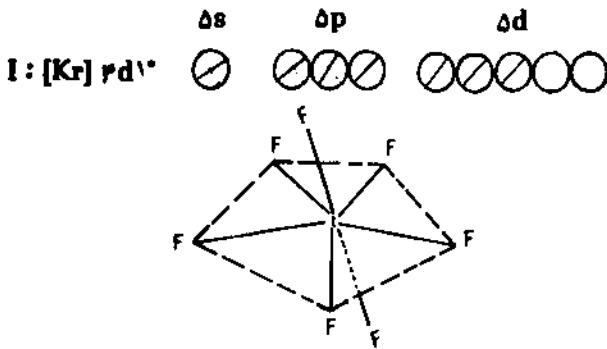


پاسخ این است که چون عدد الکتروننگاتیوی کلر، زیاد است انرژی لازم برای این نوع برانگیختگی نیز زیاد بوده و در شرایط عادی تشکیل پیوند امکان پذیر نخواهد بود. بنا بر این فلور که الکتروننگاتیو ترین عناصر است، نیز نمی تواند با کلر ترکیبی به فرمول  $\text{ClF}_7$  (هپتا فلوروئید کلر) تشکیل

دهد بدین ترتیب در این نوع تشکیل پیوند، کلر دارای عدد اکسیداسیون +۷ نخواهد شد و بالاترین عدد اکسیداسیون آن +۵ خواهد بود. در صورتی که ید (که از نظر الکترونگاتیوی از کلر ضعیف تر است) می تواند با فلور، ترکیبی به فرمول  $\text{IF}_7$  (هپتا فلوروئید ید) تشکیل دهد، آرایش الکترونی ید در این حالت عبارت است از:



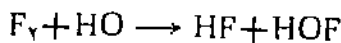
که هیبریداسیون آنجا برای تشکیل مولکول  $\text{IF}_7$  به صورت  $sp^2d^3$  خواهد بود، شکل این مولکول به صورت زیر است:



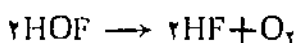
در اینجا بی مناسبت نیست که دو مطلب زیر را در مورد اکسیدهای هالوژنها یادآوری کنیم:  
۱- اکسیدهای شناخته شده هالوژنها، طبق جدول زیر است:

ید	برم	کلر
$\text{HIO}$	$\text{HBrO}$	$\text{HClO}$
—	—	$\text{HClO}_2$
$\text{HIO}_3$	$\text{HBrO}_3$	$\text{HClO}_3$
$\text{HIO}_4$	—	$\text{HClO}_4$

۲- هرگاه گاز  $\text{F}_2$  در فشار کم وارد آب صفر درجه سانتیگراد شود، اسید هیپوفلوئورو  $\text{HOF}$  حاصل می شود:



اسید هیپوفلوئورو، تنها اسید اکسیژن دار فلور است که تاکنون شناخته شده است در  $117^\circ\text{C}$ ، ذوب می شود. جسمی ناپایدار است و در دمای معمولی طبق واکنش زیر تجزیه می شود:



این مقاله در ارتباط با کتابهای شیمی سال دوم هنرستان و سال چهارم دبیرستان تهیه شده است.

# کارآزمایشگاهی

منوچهر دانشمند دبیر شیمی هنرستان

## ۱- واکنش آلومینیم و ید:

ابزار و مواد مورد نیاز: قطره چکان - سرقوطی حلبی - هاون چینی یا وسیله دیگری برای نرم کردن ید؛ پودر آلومینیم - ید.

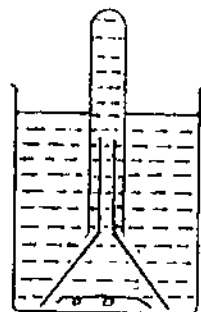
در حدود ۵ گرم بلور ید را در یک هاون چینی قرار داده و آنرا به آرامی بسایید سپس در حدود ۵ گرم پودر آلومینیم را به آن اضافه کرده و با دقت مخلوط کنید. محتوی ظرف را به شکل یک تپه روی سرقوطی حلبی بریزید و به وسیله قطره چکان یکی دو قطره آب به آن بیفزایید. واکنش شدیدی بین ید و آلومینیم انجام می گیرد که در نتیجه آن مقداری از بخارهای بنفش رنگ ید متصاعد می شود.

توجه: به علت سمی بودن ید و بخارهای آن، اولاً بایستی از دست زدن به آن خودداری کرده ثانیاً از پخش شدن بخارهای ید در فضای کلاس جلوگیری به عمل آید. برای این منظور می توان آزمایش را زیر هواکش آزمایشگاه (هود) و یا لافل در کنار پنجره انجام داد.

## ۲- واکنش منیزیم با آب:

ابزار و مواد مورد نیاز: بشر - لوله آزمایش - قیف؛ نوار منیزیم - آب - محلول فتل فتالین در حدود ۱۵ سانتیمتر نوار

منیزیم را از بزرگ قیف که مطابق شکل در درون بشر قرار دارد، بگذارید. بشر را از آب پر کرده و یک لوله آزمایش پر از آب را با دقت و به طور معکوس روی قیف قرار دهید. چند روز این دستگاه را در این وضع بگذارید، مشاهده خواهید کرد که مقداری گاز در بالای لوله آزمایش جمع می شود گاز مزبور نیدروژن است و می توانید با بیرون آوردن لوله آزمایش و نزدیک کردن کبریت روشن به دهانه آن، سوختن گاز را مشاهده کنید. در ضمن، چنانچه به محلول بشر، یکی دو قطره محلول فتل فالتین اضافه کنید، محلول به رنگ ارغوانی درمی آید که دلیل بوجود نیدروکسید منیزیم در ظرف است:



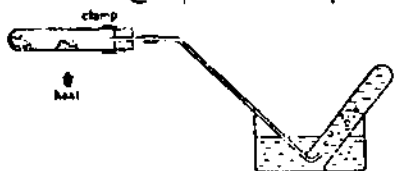
### ۳- واکنش آهن با بخار آب:

ابزار و مواد مورد نیاز: چراغ الکلی یا بونزن یک لوله آزمایش پیرکس - چند لوله آزمایش معمولی - لوله رابط - چوب پنبه - طشت - پنبه معمولی یا نسوز - پیست یا قطره چکان - پایه و گیره - براده آهن - آب.

توجه: در پایان آزمایش برای جلوگیری از ورود آب طشت به درون لوله آزمایش که به علت کم شدن فشار داخل لوله صورت می گیرد، قبل از برداشتن چراغ، لوله رابط را از طشت آب بیرون بیاورید و با چوب پنبه را از سر لوله آزمایش بردارید. مقداری پنبه را که زیاد به هم فشرده نشده باشد در لوله به ابعاد تقریبی  $16 \times 125$  میلیمتر قرار دهید به طوری که در حدود ۳ سانتیمتر از ته لوله را اشغال کند. سپس به وسیله پیست یا قطره چکان، در حدود ۲ سانتیمتر مکعب آب مقطر روی پنبه بچکانید. لوله را به کمک گیره، به طور افقی به پایه ببندید و مطابق شکل مقداری براده آهن را در قسمت میانی لوله آزمایش قرار دهید.

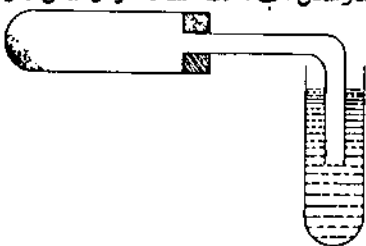
بقیه دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. اکنون آن قسمت از لوله را که دارای براده آهن است، ابتدا به ملایمت و سپس به شدت گرم کنید و گاهی با جلو و عقب بردن چراغ، پنبه را نیز گرم کرده لیکن از گرم کردن مستقیم آن خودداری کنید. به این ترتیب، آب موجود در پنبه بخار شده و با براده آهن واکنش می دهد. گاز حاصل را به وسیله چند لوله آزمایش

جمع آوری کرده و با توجه به اینکه لوله اول علاوه بر نیدروژن، دارای مقداری هوا نیز می باشد، سوختن گاز این لوله را با لوله های دیگر مقایسه کنید. این آزمایش را می توانید با فلزات دیگر مانند منیزیم روی، آلومینیم، قلع و نیکل نیز انجام دهید.



### ۴- چگونه کربن می تواند اکسیژن را از اکسید یک فلز جدا کند؟

ابزار و مواد مورد نیاز: لوله آزمایش پیرکس - آب آهک - اکسید مس (II) - گرد زغال چوب - مقدار کمی از مخلوط پودر اکسید مس (II) و گرد زغال را که تقریباً به اندازه های مساوی با هم مخلوط کرده اید در یک لوله آزمایش بریزید. دستگاهی مطابق شکل زیر سوار کنید و آن قسمت از لوله آزمایش را که دارای مخلوط می باشد حرارت دهید. چنانچه گاز حاصل را وارد آب آهک نمایید کدر شدن آب آهک نشانه آزاد شدن گاز دی اکسید کربن است.



### ۵- چگونه یک فلز می تواند اکسیژن را از اکسید فلز دیگر جدا کند؟

ابزار و مواد مورد نیاز: بوتله چینی - سه پایه - مثلث نسوز - چراغ گاز (چراغ بونزن) - بشر - لوله آزمایش - قیف - کاغذ صافی؛ محلول اسید کلریدریک دو مولار - پودر منیزیم - اکسید مس (II) - اکسید منیزیم.

مقدار کمی از مخلوط پودر منیزیم و اکسید مس (II) را که تقریباً به اندازه های مساوی با هم مخلوط کرده اید، در یک بوتله چینی گرما دهید. واکنش پس از چند لحظه شروع شده و به کمک حرارت، ادامه پیدا می کند که نتیجه آن آزاد شدن مس خواهد بود:

برای جدا کردن مس از اکسید منیزیم، می توانید محتوی لوله آزمایش را در لوله دیگری که دارای اسید کلریدریک ۲M است بریزید تا اکسید منیزیم در اسید حل شده و مس باقی بماند. در صورت ناچیز بودن مقدار مس و یا مشخص نبودن آن، آزمایش را تکرار نموده و مطابق قبل عمل کنید. برای جلوگیری از شدت واکنش می توان به مخلوط اولیه مقداری اکسید منیزیم افزود.

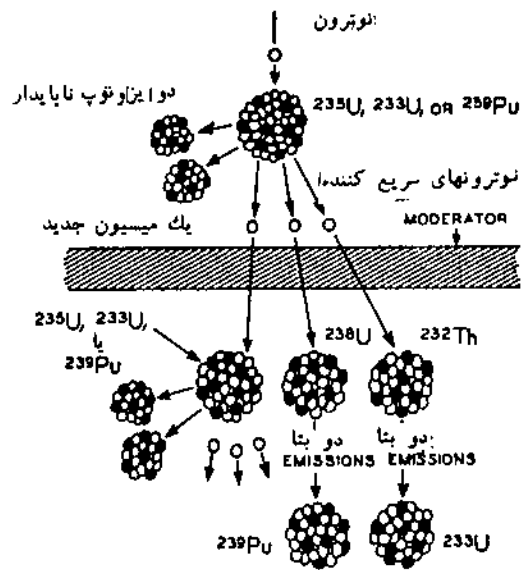


در گروه لبتونها، ذراتی چون نوترینو، ضدنوترینو، الکترون، ضدالکترون (پوزیترون)، موئون مثبت و موئون منفی می‌تواند قرار گیرد. عمر برخی از ذرات بنیادی چون نوترینو، ضدنوترینو، الکترون، پوزیترون و... از یک بیلیون بیلیون سال کمتر نیست البته به شرطی که با ذرات بنیادی دیگر وارد واکنش نشوند. از این رو آنها را ذرات بنیادی پایدار می‌نامیم. در عوض عمر موئونها از دو میلیونیم ثانیه فراتر نمی‌رود یعنی هنوز زاده نشده، تجزیه می‌شوند. مثلاً یک موئون به محض ولادت به یک الکترون یک نوترینو و یک ضدنوترینو تجزیه می‌شود. چنین ذرات بنیادی را پایدار می‌خوانیم. در گروه ذرات بنیادی متوسط یا مزونها با ذراتی چون مزون π منفی، مزون π مثبت، مزون π خنثی، مزون K، ضدمزون K مثبت، ضدمزون K منفی، مزون K خنثی، ضدمزون K خنثی مواجه خواهیم شد، ویژگی مشترک آنها کوتاهی عمر است. مزونها ذراتی فوق‌العاده ناپایدارند، عمرشان بین یک بیلیونیم ثانیه تا چهارصد هزار تریلیوم ثانیه است.

دردسته نوکلئون چهارعضوی شناسیم، پروتون، پادپروتون، نوترون و پادنوترون، دو تای نخست ذراتی پایدارند. نوترون و ضدنوترون را نمی‌توان پایدار شمرد ولی آنقدرها هم ناپایدار نیستند. چه عمرشان از ۱۷ دقیقه فراتر می‌رود.

پروتون و نوترون را که تشکیل‌دهنده هسته هستند بر روی هم نوکلئون می‌نامند بنابراین پادنوکلئون، مرکب از ضدپروتون و ضدنوترون خواهد بود. عمر تمام آنها نیز بسیار کوتاه بوده از یک تا ده تریلیونیم ثانیه بیشتر نیست.

برخی از فیزیکدانان دوگسروه نوکلئون و هیبرون را یکی منظور کرده به اسم گروه باریون می‌نامند، کلمه باریون مشتق از بار (Baros) به معنای فشار و سنگینی است. پاره‌ای از ذرات بنیادی بار الکتریکی ندارند بنابراین از لحاظ الکتریکی خنثی شمرده می‌شوند عده‌ای دارای بار منفی و جمعی واجد بار الکتریکی مثبت‌اند. بار الکتریکی ذرات مختلف از لحاظ قدر مطلق همه یکسان و برابر بار الکتریکی، یک الکترون است. هر ذره مثبت ضدی دارد، با بار منفی، هر ذره منفی ضدی دارد. با بار مثبت تمام ویژگیهای دوزد یکسان است مگر بار الکتریکی آنها لازم به یادآوری است که ذرات خنثی نیز ضد ذره دارند مانند نوترون، ضدنوترون، در اینجا بار الکتریکی مطرح نیست، تفاوت این دو اختلاف جهت حرکت اسپینی آنها و جهت حوزه مغناطیسی است که هر یک ایجاد می‌کنند. بنابراین معلوم می‌شود که درجهان بی‌نهایت ریز هم زوجیت برقرار است.



## ذرات بنیادی

گردآورنده

محمد رسولزاده

دبیر شیمی دبیرستانهای تبریز

- هم اکنون در حدود سی ذره بنیادی می‌شناسیم که دسته‌بندی آنها به قرار زیر است:
- ۱- ذرات بنیادی سبک یا لبتونها (Leptons)، نام لبتون مشتق از کلمه یونانی «Leptos» به معنای سبک است.
  - ۲- ذرات بنیادی متوسط یا مزونها (Mesons)، نام مزون از کلمه (Mesos) به معنای میانه است.
  - ۳- ذرات بنیادی سنگین یا نوکلئون (Nucleon) نام نوکلئون مشتق از کلمه (Nucleus) به معنای هسته است، چرا که این ذرات تشکیل‌دهنده هسته اتم هستند و هسته اتم سنگین‌ترین جزء آن به شمار می‌رود.
  - ۴- ذرات بنیادی فوق سنگین یا هیبرونها (Hyperons)، نام هیبرون مشتق از کلمه (Hyper) به معنای بسیار است.

منوچهر دانشمند  
دبیر شیمی هنرستان

## پرسشهای مربوط به

## آزمایش‌های انجام شده

۷- منیزیم، کلسیم و آلومینیم، در تأثیر بر آب، چه تفاوتی با هم دارند؟

۸- تفاوت اثر آب به صورت مایع و بخار بر فلزات، از نظر محصول عمل، چیست؟

۹- آیا اکسید همه فلزات را به وسیله کربن می‌توان احیا کرد؟ چرا؟

۱۰- احیا کنندگی کربن، از نظر صنعتی چه اهمیتی دارد؟

۱۱- در واکنش پودر منیزیم و اکسید مس، کدام ماده اکسید و کدام احیا شده است؟

۱۲- با توجه به جدول پتانسیل الکترودی، علت بی‌تأثیر بودن اسید کلریدریک بر مس را بیان کنید.

۱- معادله کلیه واکنش‌های انجام شده در آزمایشها را بنویسید.

۲- آب چه نقشی در انجام واکنش ید و آلومینیم دارد؟

۳- در آزمایش ید و آلومینیم، ید اکسید کننده است یا احیا کننده؟ معادله واکنشی را بنویسید که در آن یون  $I^-$  اثر احیا کنندگی داشته باشد.

۴- با توجه به جدول پتانسیل الکترودی استاندارد، آیا  $I_2$  را می‌توان یک اکسید کننده قوی به شمار آورد؟

۵- آمادگی ید برای مبادله الکترون، در کدام یک از منجشهای شیمیایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

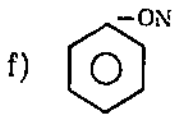
۶- دریدو متری از کدام معرف استفاده می‌شود؟ چرا؟

# بخش ویژه دانش آموزان

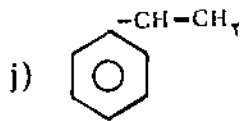
بنا به تقاضای عده‌ای از دانش آموزان محترم، مجله رشد آموزش شیمی در نظر دارد صفحاتی را ویژه دانش آموزان قرار دهد، در این شماره به عنوان نمونه پرسشهایی در مورد شیمی آلی در نظر گرفته‌ایم و در آینده صفحات بیشتری را بدین منظور اختصاص خواهیم داد. از دانش آموزان علاقه مند خواستاریم که در این زمینه بامجله همکاری فرمایند.

حسام امینی مدرس تربیت معلم

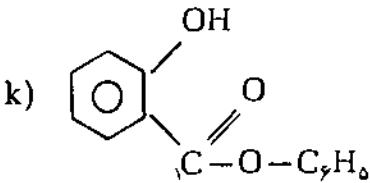
## تمرین‌های شیمی (شیمی آلی)



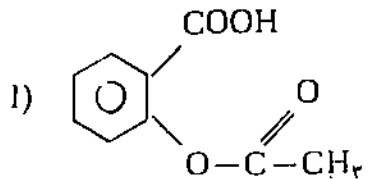
اسید فنیک



استیرن



سالول



آسپیرین

### الف - مباحث مقدماتی

۱- شیمی آلی از چه ترکیباتی گفتگویی کند؟ و چرا به‌عنوان

یک موضوع مستقل از شیمی معدنی، مورد بحث قرار می‌گیرد؟

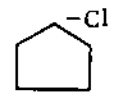
۲- مواد آلی به چه ترتیب تقسیم بندی می‌شوند؟

۳- مواد زیر به کدام دسته از مواد آلی تعلق دارند؟

a)  $CH_2=CH-CH=CH_2$  دی وینیل

b)  $(CH_2)_6CH-CH_2OH$  ایزوبوتیل الکل

c)  استن

d)  کلروسیکلپنتان

e)  سیکلوهگزان آمین



# آشنایی با شرکت ملی فولاد ایران

## شرکتها و واحدهای تحت پوشش،

### مندرج در شماره دوم رشد آموزش شیمی - زمستان ۶۳

سیدرضا آقا پور مقدم

علاقه و توجه به احداث کارخانه ذوب آهن در ایران سابقه پنجاه ساله دارد. نیاز به تأسیس این صنعت حیاتی از دیرباز احساس شده بود و در بین صنایع کشور جای آن خالی بود. برای نخستین بار و به طور جدی پس از بررسی و پژوهشهای بخش اولیه در سال ۱۳۱۶ قرارداد ایجاد کارخانه ذوب آهن به ظرفیت یکصد هزار تن در سال و به مبلغ ۲/۵ میلیون لیره انگلیسی بامؤسسه دماغ کروپ منعقد شد و محل کارخانه در شهر کرج معین گردید و برای تأمین مواد خام آن، منابع سنگ آهن سمنان و زغال سنگ جبال البرز در نظر گرفته شد. لکن بابت جنگ جهانی دوم اجرای طرح مزبور اجباراً متوقف گردید. پس از پایان جنگ مذاکراتی برای تعیین میزان مطالبات دولت ایران از مؤسسه دماغ کروپ و روشن شدن وضع کارخانه کرج انجام گرفت و مطالبات ایران به مبلغ ۵ میلیون مارك آلمان تعیین گردید و قرار شد از این محل، هزینه خدمات و بررسیهای فنی کارخانه جدید ذوب آهن توسط دولت آلمان تأمین شود و قرار شد در صورتی که قسمتی از ماشینآلات و تأسیسات کارخانه ذوب آهن از کنسرسیوم مزبور خریداری شود این مبلغ تا ۶/۵ میلیون مارك افزایش یابد.

در سال ۱۳۳۱.۵۱ گروهی از کارشناسان کنسرسیوم دماغ کروپ برای مطالعه مجدد مسائل مربوط به ذوب آهن به ایران عزیمت کرده و با همکاری کارشناسان ایرانی گزارش جامعی تهیه

کردند و به دلایلی از قبیل عدم شناسایی کامل معادن سنگ آهن و زغال و غیره محل کارخانه را در کرج مناسب ندانستند و راه حل جدیدی پیشنهاد کردند که آنهم عملی نشد. در سال ۱۳۳۲ طرح جدیدی پیشنهاد شد که به سبب آن، نخست کارخانه‌ای به ظرفیت ۳۵ هزار تن ساخته شود و در مرحله بعد تا میزان ۱۲۵ هزار تن افزایش یابد. این طرح نیز به نوبه خود اجرا نشد.

در سال ۱۳۳۴ قرار دادی بین سازمان برنامه و کنسرسیوم دماغ کروپ برای ساختمان کارخانه‌ای به ظرفیت ۳۰ تا ۵۰ هزار تن و قابل توسعه به ۱۲۵ هزار تن در سال منعقد گردید. بر اساس آن طرح قطعی به ظرفیت ۱۱۰ هزار تن و قابل توسعه تا ۲۰۰ هزار تن و محل کارخانه همزمان پیش‌بینی شد. مواد اولیه این کارخانه قرار بود که از سنگ آهن شمس‌آباد و زغال سنگ معدن‌الیا و گواچره تأمین گردد لکن پس از انجام مطالعات مجدد طبق نظریه کارشناسان، چون ظرفیت فوق اقتصادی تشخیص داده شد پیشنهاد گردید که ظرفیت کارخانه مزبور تا ۲۰۰ هزار تن در سال افزایش یابد ولی کنسرسیوم دماغ کروپ با آن موافقت نکرد و همچنین چون موضوع تأمین مالی از سوی بانک جهانی هم مورد تأیید قرار نگرفت، طرح اجرا نشد. در سال ۱۳۳۸ کوشش مجددی در این زمینه و عقد قرارداد بامؤسسه دماغ کروپ به عمل آمد که نتیجه‌ای حاصل نشد.

در تیرماه ۱۳۳۹ کارشناسان ایرانی و بانک جهانی با توجه به این که پیش از حصول اطمینان به وجود منابع مواد اولیه فولاد سازی: احداث کارخانه فولاد سازی صحیح نیست، پیشنهاد کردند که نخست کارخانه نورد ساخته شود. مجل سابق کارخانه کرج برای احداث کارخانه نورد به ظرفیت ۲۵۵ هزار تن محصول نورد تا ۵۰ هزار تن در سال مناسب تشخیص داده شد. این طرح که به وسیله مهندسان مشاور کایزر امریکایی تهیه شده بود مورد تأیید قرار نگرفت.

آنگاه کوشش متمرکزی توسط سازمان ذوب آهن ایران که به موجب قانون در ۲۳ دیماه سال ۱۳۱۸ تأسیس کارخانه ذوب آهن تشکیل شده بود، شروع گردید در این رابطه عملیات شناسایی منابع مواد اولیه در معادن ایلیک، گاچره و گلندرود، زیراب و معدن شمس آباد اراک تکمیل گردیده و متعاقباً در معادن زغال کرمان و سنگ آهن بافق (چغارت) چادرملو عملیات اکتشافاتی به عمل آمد. پس از آگاهی به میزان ذخیره و مشخصات معادن از خدمات شوروی موسسه فرانسوی ایرسید (Irsid) برای تدوین اصول کلی طرح ذوب آهن استفاده به عمل آمد و موسسه ایرسید امکانات مختلفی را برای احداث کارخانه مورد مطالعه قرارداد و نتیجه گرفت که برای تهیه چند از روش کوره بلند و جهت تولید فولاد از سیستم کنورتور LD متابعت شود و سنگ آهن چغارت و زغال سنگ داخلی مورد استفاده قرار گیرد، ظرفیت کارخانه حدود ۶۰۰ هزار تن در سال و محل کارخانه اصفهان تعیین شد. کارشناسان شوروی بعداً مطالعات مزبور را مورد تأیید قرار داده و راه حل تأسیس کارخانه ذوب آهن را ارائه دادند. متعاقباً امر موافقت نامه ای با دولت شوروی در تاریخ ۲۳ دیماه ۱۳۴۴ منعقد گردید که طبق مفاد آن قرار شد کارخانه ذوب آهن و ماشین سازی اراک و احداث لوله سرتاسری گاز با همکاری فنی کارشناسان شوروی تأسیس شود.

سازمان ذوب آهن ایران از طرف دولت ایران قرارداد تأسیس کارخانه ذوب آهن را با موسسه تیاژپروم اکسپرت (سازمان صادرات صنایع سنگین شوروی) منعقد کرد. این مؤسسه متقبل کرد که در تهیه طرح و احداث کارخانه ذوب آهن، طراحی و تجهیزات معادن آهن و زغال سنگ همکاری های فنی لازم را به عمل آورد تجهیزات و ماشین آلات و همچنین مواد اصلی نیم ساخته ای را که در ایران تهیه نمی شود برای ساختمان کارخانه تهیه و تحویل دهد، طوری که هزینه ریالی اجرای طرح فوق را دولت ایران متقبل و هزینه ارزی را دولت شوروی از طریق اعطای اعتبار طویل المدت با بهره ۲/۵ درصد در سال تامین کند،

موافقت شد جهت پرداخت اقساط وام ارزی، دولت ایران گاز طبیعی را در مرز آستارا به شوروی تحویل دهد.

(گاز طبیعی نفت، مخلوطی از نیدرو کربنهای سیر شده سبک مانند متان، اتان و اندکی پروپان و بوتان است. قسمت عمده این گاز، متان و مقدار کمتری اتان است. در این گاز غالباً آثاری از نیتروژن، دی اکسید کربن و گاهی سولفید نیدروژن و هلیوم وجود دارد.)

به منظور انتخاب محل دقیق کارخانه در اواسط سال ۱۳۴۴ هیئتی مرکب از کارشناسان ایران و شوروی به اصفهان عزیمت و حدود ۱۱ ناحیه را در اطراف اصفهان از نظر زمین شناسی مهندسی - شبکه ارتباطی، آب، گاز، برق مورد لزوم و نیروی انسانی و سایر عوامل فنی اقتصادی و اجتماعی مورد بررسی، ارزیابی و تقایم قرارداد و در نتیجه دشت طس واقع در شمال قریه ریز در ۴۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان به فاصله ۵ کیلو متری زاینده رود مناسب ترین ناحیه برای احداث کارخانه ذوب آهن، تشخیص دادند و انتخاب کردند.

کارخانه ذوب آهن از ۶ بخش تولید اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

۱- گلو مراسیون، کک سازی، کوره بلند، کنورتور، فولاد ریزی مداوم و نوردها. بخش های فرعی - کمکی خدمات به شرح زیر است:

بخش تولید مواد نسوز، بخش گرانوله کردن، گاز گاههای تعمیراتی، مرکز نیروی بخارها و هوای فشرده بخش گازرسانی، بخش گازرسانی، بخش تولید اکسیژن، تاسیسات آبرسانی و فاضلاب، آزمایشگاهها و مراکز کنترل تولید و محصولات قسمت آهن قراضه، تاسیسات و وسایل حمل و نقل و انبارها.

مجموع ذوب آهن را می توان پایه گذار معدنکاری جدید در ایران دانست و بد نیست گفته شود که از شروع اقدامات ابتدایی تا زمانی که کارخانه با محصول استخراج شده از معادن بهره برداری را آغاز کرده فقط ۵ سال به طول انجامیده است همواره انجام کلیه مراحل عملیات به طور سیستماتیک از شناسایی کانسار، پی جویی اکتشاف مقدماتی، اکتشاف تفصیلی، طراحی، تجهیز و ساختمان معدن تا بهره برداری کامل به توسط ذوب آهن انجام گرفته است. لازم به توضیح است که چون در مناطقی که کانسارهای مواد اولیه مورد نیاز کشف شد، عموماً امکانات شهری و تسهیلات بسیار محدودی وجود داشته،

ذوب آهن تامین کابیه خدمات مورد نیاز خود و کارکنان خود را راساً برعهده گرفته و اقدام به تأسیس شرکت های مسکونی راههای ارتباطی تولید برق و شبکه توزیع آن، سیستم های مخازراتی، اکتشاف آب و احداث شبکه های آبرسانی، تهیه مصالح ساختمانی وغیره نموده تأمین خدمات رفاهی و بهداشتی و آموزشی کارکنان و خانواده های آنان حتی تهیه و توزیع مواد غذایی، مصرفی و سایر خدماتی از این قبیل را خود بر عهده داشته و در زمینه آموزش تخصصی کادر مورد نیاز اقدامات ذیقیمتی به عمل آورده است.

انجام اینگونه خدمات و ایجادتاسیسات نسبتاً مدرن در مناطق دور افتاده ایران که عموماً از نظر کشاورزی نیز مناطق فقیری به حساب می آیند هرچند که سبب عمران و آبادانی بخشهایی از کشور گردید ولیکن بار و هزینه سنگینی بر دوش ذوب آهن بوده و هنوز هم است.

دلایل فوق و علل مختلف دیگر انجام طرحهای اکتشاف و تجهیز معادن که با توجه به عدم سابقه در ایران معمولاً از قیاس با طرحهای مشابه در سایر کشورها برآورد هزینه می شد، در عمل عموماً بیش از میزان پیش بینی شده هزینه برداشته است.

عملیات اکتشاف و تجهیز معادن که تا کنون انجام گرفته و طرحهای پیش بینی شده، به طور خلاصه چنین است:

## الف: زغال سنگ

### ۱- اکتشافات

#### ۱-۱- لزوم اکتشاف و ادامه آن

- تأمین مواد اولیه مورد نیاز ذوب آهن از منابع داخلی - عدم شناخت از ذخایر زیر زمینی کشور پیش از شروع کار ذوب آهن.

- کمبود ذخایر زغال سنگ کک شوی ایران تا آنجا که کشف شده است.

- در انجام عملیات اکتشافی يك منطقه هر چند فقط منظور یافتن ذخایر زغال سنگ کک شوی است، با وجود این اکتشاف زغال سنگهای گرمایی منطقه نیز منطقی به نظر می رسد.

- با توجه به اینکه تقریباً از ابتدای عملیات اکتشافی تا استخراج

با ظرفیت کامل بین ۶ تا ۱۴ سال وقت لازم دارد (۳ تا ۴ سال برای اکتشافات مقدماتی و تفصیلی، ۲ تا ۳ سال تجهیز و ساختمان معدن با تونل ۶ تا ۸ سال تجهیز و ساختمان معدن با چاه قائم یا مایل، ۱ تا ۲ سال از شروع بهره برداری بارسیدن به ظرفیت کسامل طرح) انجام عملیات اکتشافی به همین نسبت بایستی جلوتر از هر نوع برنامه ریزی باشد تا در صورت مطلوب بودن شرایط کانسار در برنامه طراحی و ساختمان قرار گیرد.

- با توجه به اینکه سرمایه گذاری طویل المدت نیاز به اطمینان کافی از اطلاعات اولیه دارد بایستی حتی الامکان اطلاعات کاملتری از وضعیت ذخایر وجود داشته باشد.

- چون معدنکاری با طبیعت سروکار دارد، حتی در اکتشافات نسبتاً کامل هم نمی توان به هر حال تمام قسمت های کانسار را را دقیقاً مشخص کرد. هنگام بهره برداری امکان عدم تطبیق شرایط واقعی طبیعی با وضعیت پیش بینی شده وجود دارد، به ویژه درباره کانسارهای زغال سنگ ایران از نظر فنی و تکنیکی دارای شکستگیهای بسیار زیادی بوده و وضعیت زمین شناسی نسبتاً پیچیده ای دارد این امر به هر صورت اجتناب ناپذیر است. بدین ترتیب جهت اطمینان از داشتن ذخایر کافی هر چه تعداد نواحی کشف شده بیشتر باشد، مطلوب تر است.

- یافتن ذخایر زغال سنگ کک شوی مرغوب که بتواند جایگزین زغال سنگ شود.

- یافتن ذخایر با عیار بالاتر و وضعیت ساختمانی و کیفیت بهتر و مجموعاً امکان بهره برداری اقتصادی تر.

- لزوم جایگزینی معادن جدید پس از پایان عمر هر معدن جهت برقراری تداوم تأمین مواد اولیه در طول زمان بهره برداری از کارخانه.

- شناسایی ذخایر مواد اولیه به طور کلی که به حق جزو ثروت بالقوه کشور به شمار می آید.

- جهت طراحی و ساختمان يك معدن اکتشافات تفصیلی بایستی پس از اکتشافات مقدماتی انجام گیرد.

- در طول زمان بهره برداری گاهی انجام عملیات اکتشاف تکمیلی لازم می شود.

با توجه به مطالب فوق می توان گفت اکتشاف ذخایر زغال سنگ هر چند به منظور تأمین کک مورد نیاز کوره بلند بوده است ولیکن ارتباط کاملاً مستقیم با برنامه های توسعه کارخانه ذوب آهن نداشته و تداوم آن تا زمان شناسایی و اکتشاف ذخایر زغال سنگ کک شوی، در کابیه سطوح ایران

نام ناحیه	نام منطقه یا کانسار	ذخیره کل اکتشافی به تن	ذخیره تجارتی بر حسب تن
۱- کرمان	۱- بابدانای فوقانی	۳۶۰۰۰۰۰	۲۱۳۰۰۰۰
	۲- باب نیروی فوقانی	۱۹۸۰۰۰۰	۹۹۰۰۰۰
جمع کل		۵۵۸۰۰۰۰	۳۱۲۰۰۰۰
۲- البرز غربی	۱- سنگرود	۶۷۰۰۰۰۰	۱۶۵۰۰۰۰
		۶۲۰۰۰۰۰	۱۶۵۰۰۰۰
۳- البرز مرکزی	۱- کارمزد	۳۴۰۰۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰۰
۴- البرز شرقی	طزره معدویه بشکلات کلاریز	۵۸۳۰۰۰۰۰	۲۲۳۰۰۰۰۰
جمع کل ذخایر نواحی زغال خیز در حال بهره برداری		۱۰۴۵۸۰۰۰۰	۴۳۰۷۰۰۰۰

الزامی است .  
انجام پذیرفته است، در حال حاضر گروهی در طرح توسعه مشغول کارند.

۱ : ۲ : میزان ذخایر اکتشاف شده زغال سنگ در معادنی که مورد بهره برداری قرار گرفته یا در دست ساختمان می باشند، عبارتند:  
ذخایر معادنی که برای مرحله ۵۵۰ تا ۶۰۰ هزار تن فولاد کشف کرده اند و در دست بهره برداری نیز می باشند.

**ذخایر نواحی زغال خیز که اکتشاف تفصیلی آنها به پایان رسیده است :**

**وضعیت فعلی اجرای طرح توسعه مرحله اول و برنامه زمانی به منظور افزایش مقدار فولاد**

نام ناحیه	نام منطقه	ذخیره کل اکتشافی بر حسب تن
کرمان	۱- همکار	۳۴۶۲۰۰۰
	۲- خمرود	۵۳۱۶۴۰۰۰
	۳- مرا پرده	۵۳۱۲۱۰۰۰
	۴- دره گر	۱۲۴۲۵۶۰۰۰
جمع کل		۱۶۵۱۵۳۰۰۰

بر طبق طرح ۱۹ فوریه ۱۹۷۴ مسکو و برنامه زمانی مصوب منضم به آن طرفین موافقت کردند که عملیات اجرای طرح توسعه در اواخر سال ۷۵ به اتمام برسد.  
لکن بروز اشکالات فراوان و بالا رفتن هزینه ها سبب تأخیر زیاد اجرای این طرح گردید. عملاً برنامه ریزیهایی که تا کنون به منظور اتمام طرح توسعه تهیه شده است متأسفانه تا کنون



## ذخایر معادن در دست ساختمان برای تولید ۱/۹ میلیون تن فولاد

نام ناحیه	نام منطقه	ذخیره کل اکتشافی تن	ذخیره تجارتی تن
۱- پایداناى اصلی		۶۴۲۰۰۰۰۰	۲۲/۳۰۰۰۰۰۰
۲- باب نیروی اصلی		۱۵۵۶۴۰۰۰	۷۸۰۰۰۰۰۰
۳- پایداناى جنوبی		۷۰۰۰۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰۰۰
۴- هجلك		۱۲۲۳۷۰۰۰	۳۸۰۰۰۰۰۰
۵- اشكلى		۱۶۸۴۵۰۰۰	۹۰۰۰۰۰۰۰
۶- هشونى		۵۲۹۲۳۰۰۰	۱۱۰۰۰۰۰۰۰
جمع كل در منطقه		۴۱۷۶۳۰۰۰	۵۵۶۰۰۰۰۰۰
۲- البرز غربی	سنگرود	۶۷۰۰۰۰۰۰	۱۶۵۰۰۰۰۰۰
۳- البرز مرکزی	کارمزد	۳۴۰۰۰۰۰۰۰	۱۶۰۰۰۰۰۰۰۰
۴- البرز شرقی	طزره (معدویه - پشكلات - کلاریز	۲۷۸۵۶۰۰۰	۸۸۲۵۰۰۰۰۰
جمع كل ذخایر نواحی		۲۱۰۳۱۹۰۰۰	۸۸۲۵۰۰۰۰۰

زغال خیز که معادن آنها در دست ساختمان است.

### ۲ : تجهیز معادن

بر آورد ذخایر نواحی زغال خیز که در مرحله اکتشاف مقدماتی و تفصیلی میباشند:

نام ناحیه	نام منطقه	بر آورد ذخیره کل اکتشافی بر حسب تن
۱- کرمان	۱- داربید خون	۲۶۹۶۴۰۰۰
۲- البرز شرقی	۱- طزره رزمجاه	۱۵۰۰۰۰۰۰۰
شاهرود	۲- تشلاق و اولنگ	۲۳۱۰۰۰۰۰۰۰
البرز مرکزی	۱- کبائر	۲۲۰۰۰۰۰۰۰
۳- زیر آب	۲- (آلاشت و کارسنگ	۱۸۹۰۰۰۰۰۰۰
جمع	۳- گانو	۳۵۰۰۰۰۰۰۰

۱- پایداناى فوقانی	به نظر فیت ۱۵۰ هزار تن در سال
۲- باب نیزوی فوقانی	» » » ۱۳۰ »
۳- معدویه و طزره	» » » ۱۶۵ »
۴- کارمزد	» » » ۱۲۰ »
۵- سنگرود	» » » ۱۴۰ »

چون ذخایر زغال سنگ مکشوفه تاکنون از نظر کیفی در حد اعلاء برای ساخت كك متالورژی نبوده تا حدود ۱۰٪ زغال سنگ برای بهبود کیفیت كك همواره از خارج خریداری می شده است.

۲-۲ : طرحهای تجهیز معادن که جهت مرحله تولید ۱/۹ میلیون تن در نظر گرفته شده بودند وضعیت آمادگی فعلی

۱- پرورده	۵۰۰۰۰۰۰۰۰
۲- طبس	۵۰۰۰۰۰۰۰۰
۳- کوچکلملی	۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰
۴- مازینو	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰
۱-۳ : برنامههای طرحهای اکتشافی آتی شرکت به صورت جدول شماره ۱ ضمیمه این گزارش است.	

آنان به قرار مندرج در جدول زیر است :

وضعیت فعلی	سال پایان ساختمان طرح به قرار بیش بینی شده	سال شروع ساختمان معدن	ظرفیت بهره- برداری فعلی به هزار در سال	ظرفیت طرح به هزار تن در سال	نام معدن
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۱۵۰	۱۵۰	پابدانای فوتانی
	٪۹۰ ۱۳۵۶	۱۳۵۰	۵۰	۶۰۰	» اصلی
	٪۹۰ ۱۳۵۶	۱۳۵۲	۵۰	۱۵۰	» جنوبی
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۱۵۰	۱۳۰	باب نیزوی فوتانی
	٪۸۰ ۱۳۵۶	۱۳۵۰	—	۳۰۰	» اصلی
	٪۸۵ ۱۳۵۶	۱۳۵۲	۵۰	۳۶۰	هشونی
	٪۸۰ ۱۳۵۶	۱۳۵۲	۱۵	۱۵۰	هچدک
	٪۸۰ ۱۳۵۷	۱۳۵۲	۴۵	۳۰۰	اشکابی
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۵۰	۶۵	معدویه
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۱۰۰	۱۰۰	معدن اولیه طزره
	٪۵۰ ۱۳۵۷	۲۳۵۲	۵۰	۴۵۰	» اصلی طزره
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۸۵	۱۲۰	کارمزد
	کاملاً در حال بهره برداری است.	۱۳۴۸	۶۰	۱۲۰	سنگرود مرحله اول
	شروع نشده است.	۱۳۶۲	۱۳۵۹	۱۴۰	» دوم

- کارخانه زغال شویسی شاهرود : با ظرفیت حدود ۵۰۰ هزار تن در سال که سال ۱۳۵۱ ساختمان آن آغاز گردیده و در سال ۱۲۵۲ مورد بهره برداری قرار گرفته است.

- کارخانه زغال شویسی کارمزد : با توجه به ایجاد معدن جدید در البرز مرکزی لزوم ساختمان آن مورد تأیید قرار گرفته و ظرفیت آن حدود ۴۵۰ هزار تن در سال در نظر گرفته شده است.

۲-۲- میزان عملیات لازم برای ادامه طرحها و یا تجهیز معدن جدید و همچنین زمان پیش بینی شده برای آغاز بهره برداری و استخراج با ظرفیت کامل بر اساس برنامه جدیدی که تحت بررسی است .

### ۳- کارخانه های زغال شویسی

- کارخانه زغال شویسی ریگ آباد : با ظرفیت ۵۰۰ هزار تن در سال که در سال ۱۳۵۰ ساختمان آن آغاز شده و در سال ۱۳۵۲ مورد بهره برداری قرار گرفته است. این کارخانه پس از بهره برداری کامل از زغال شویسی زرنند در سال ۱۳۵۸ متوقف شده است.

- کارخانه زغال شویسی زرنند : با ظرفیت ۲/۲ میلیون تن در سال که قابل توسعه تا ۴/۵ میلیون تن است در سال ۱۳۵۱ ساختمان آن آغاز شده و در سال ۱۳۵۷ شروع به بهره برداری کرده و هم اکنون کلیه زغال سنگ استخراج شده از معدن کرمان در این کارخانه تغلیظ شده است و سپس به اصفهان حمل می شود.

## ب: سنگ آهن

### ۱- اکتشافات :

#### - لزوم ادامه اکتشافات :

به دلایلی مشابه آنچه در مورد زغال سنگ عنوان شده، ادامه اکتشافات منابع سنگ آهن الزامی است.

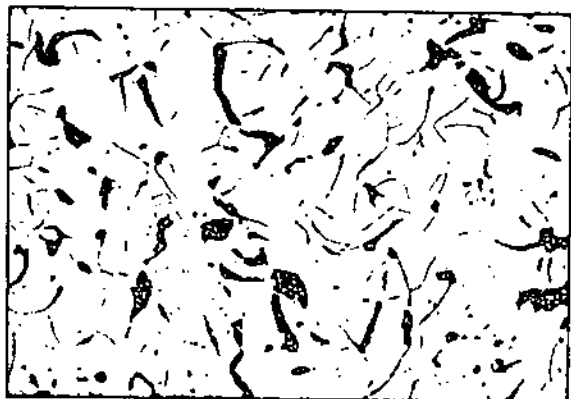
۲-۱- میزان ذخایر اکتشاف شده در مناطق مختلف و مشخصات عملیات اکتشافی تاکنون به قرار زیر بوده است : ←

سال بهره برداری با ظرفیت کامل	سال آغاز بهره برداری	سال شروع و طرح‌های جدید	میزان عملیات باقیمانده؟	نام معدن
۱۳۶۳	۱۳۵۷	—	%۱۰	پابدانای اصلی
۱۳۶۲	۱۳۵۷	—	%۱۰	» جنوبی
۱۳۶۳	۱۳۶۱	—	%۲۰	باب نیزوی اصلی
۱۳۶۳	۱۳۵۷	—	%۱۵	عشونی
۱۳۶۳	۱۳۵۶	—	%۲۰	هجدک
۱۳۶۳	۱۳۵۶	—	%۲۰	اشکلی
۱۳۶۸	۱۳۶۲	۱۳۶۰	%۱۰۰	همکار
طرح تکمیل نشده	۱۳۶۴	۱۳۵۸	%۱۰۰	خمرد
۱۳۶۳	۱۳۵۷	—	%۵۰	طزره
۱۳۶۲ طرح هنوز تهیه نشده	۱۳۶۱	۱۳۶۰	%۱۰۰	تشلای
احتمالاً ۱۳۶۴ طرح تکمیل نشده	۱۳۶۱	۱۳۶۰	%۱۰۰	کارمزد (توسعه)
» » » »	۱۳۶۱	۱۳۶۰	%۱۰۰	کارسنگ
» » » »	۱۳۶۱	۱۳۶۰	%۱۰۰	کیاسر

نام منطقه	ذخیره قطعی برحسب میلیون تن	ذخیره احتمالی برحسب میلیون تن	وضعیت اکتشاف انجام شده
چغارت	۲۱۶	—	تفصیلی
میشدوان	—	۳۰	شناسایی
آنومالی شمالی	—	۲۵۰ تا ۵۰۰	شناسایی
جاه گز	—	۳۰	شناسایی
آنومالی ۱۴	۸۰	۵۰	مقدماتی
سه جاعون	۱۱۷	۴۷	مقدماتی
آنومالی ۱۹	—	۸۰	شناسایی
ناریگان	—	۳۰	مقدماتی
ساغند	—	۱۸۰	شناسایی
چادرملو	۳۹۹	—	تفصیلی
زرنند	۲۰۰	۳۰	مقدماتی
جمع	۱۱۰۱۲	۹۷۷ تا ۷۲۷	

۱-۳- طرحهای اکتشافی جاری و حجم عملیات حفاری برنامه ریزی شده به قرار زیر است :  
 برنامه شش ساله عملیات اکتشافی شرکت ملی فولاد ایران بر روی کانسار آهن  
 منطقه مرکزی ایران از سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۶۴

نام ناحیه	نام منطقه	حجم کل عملیات حفاری آبی از ۵۹ تا ۶۴ بر حسب متر	سال خاتمه عملیات	نوع مرحله اکتشافی
	۱- چاه گز	۸۰۰۰	۶۰	اکتشافات تفصیلی
۱- بافق	۲- نارینگان	۳۲۵۰	۶۰	« «
	۳- ساغند	۱۵۰۰۰	۶۳	اکتشافات مقدماتی
	۴- آنومالی شمالی	۲۳۵۰	۶۴	« «
	۵- شیطور	۱۲۸۵۰	۶۴	کارهای پژوهشی و ارزیابی
	جمع کل	۴۱۴۵۰		
	۱- کانسار زرنند	۵۵۰۰	۶۳	اکتشافات تفصیلی
۲- زرنند	آنومالی ۳۵			
	۲- کانسار نجف آباد	۵۰۰	۶۴	« «
	آنومالی ۳۶			
	جمع کل	۶۰۰۰		
	منطقه جنوب شرقی	۲۶۰۰۰	۶۳	« «
	سیرجان	۹۶۰۰	۶۳	اکتشافات پژوهشی
	سیرجان	۲۵۰۰	۶۴	حفاری ساختمانی
	جمع کل	۳۸۱۰۰		
	جمع کل در منطقه مرکزی ایران	۸۵۵۵۰		



لازم به توضیح است که عملیات اکتشافی منطقه گل-  
 گهر پس از ادغام شرکت صنایع فولاد و شرکت ملی ذوب آهن  
 جزو برنامه های اکتشافی شرکت قرار گرفته است.

فتو میکروگراف  
 (Photomicrograph)  
 چدن خاکستری

فولاد حدود ۱۰۰ هزار تن در سال مورد نیاز باشد.

۱- معدن دوپلان عملیات اکتشافی این کانسار در سال ۱۳۵۳ خاتمه یافته و میزان ذخیره آن حدود ۲/۴ میلیون تن برآورد شده است. قسمت فوقانی کانسار که قابل بهره‌برداری به‌طریقه روباز بوده استخراج گردیده و در حال حاضر ذخیره آن به پایان رسیده است.

عملیات آماده‌سازی و تجهیز معدن در حال انجام بوده و امید است ظرف مدت ۱/۵ سال آینده به‌ظرفیت پیش‌بینی شده یعنی در حدود ۷۰ هزار تن در سال برسد.

۲-۵- کانسار سنگرود: به علت عدم تکافوی محصول معدن دوپلان جهت تأمین میزان مورد نیاز کارخانه کانسار خاک‌نسوزی که قبلاً در منطقه سنگرود شناسایی شده بود از ابتدای سال ۵۹ به‌طریقه روباز مورد بهره‌برداری قرار گرفته و اجباراً عملیات اکتشاف و استخراج آن هم‌زمان انجام خواهد گرفت. حدنهایی ظرفیت معدن بر اساس اطلاعات فعلی حدود ۱۰۰ هزار تن در سال برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود ظرف مدت حدود ۲ سال آینده میزان بهره‌برداری از معدن به این مقدار برسد، لازم به توضیح است که کیفیت خاک‌نسوز این کانسار نامرغوب‌تر از خاک‌نسوز دوپلان بوده و احتمالاً میزان مصرف آن بالنسبه بالاتر خواهد بود، به علاوه به علت بالا بودن عیار تیتان در مقادیری که تاکنون استخراج گردیده، ممکن است نتواند کاملاً جایگزین خاک‌نسوز دوپلان شود.

۳-۵- لزوم ادامه اکتشافات خاک‌نسوز: با توجه به اشکالات موجود در معدن دوپلان و هزینه زیاد بهره‌برداری زیرزمینی از این معدن و همچنین کیفیت نامرغوب خاک‌نسوز سنگرود نسبت به دوپلان، لازم است علاوه بر ادامه اکتشاف کانساز با کیفیت مناسب و امکان بهره‌برداری سهل‌تر و ارزاتر جایگزین هر دو معدن دوپلان و سنگرود گردد.

۴-۶- خاک‌نسوز پلاستیکی: خاک‌نسوز با پلاستیسیته زیاد که در مرحله ۵۵۰ هزار تن تولید فولاد ۷ تا ۱۰ هزار تن و برای مرحله ۱/۹ میلیون تن تولید فولاد حدود ۲۰ تا ۳۰ هزار تن مورد نیاز است در حال حاضر از معادن کویرآباد ضمن عملیات اکتشافی، استخراج می‌شود. ذخایر قسمتهایی که تاکنون اکتشاف گردیده هیچ‌یک جهت بهره‌برداری درازمدت مورد نکانو نبوده و به همین سبب بلافاصله ضمن عملیات اکتشافی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. عملیات اکتشافی به منظور

۱- سنگ آهک: معدن پیربکران با ذخیره اکتشاف

شده حدود ۷۶ میلیون تن جهت تأمین سنگ آهک مورد نیاز کارخانه در نظر گرفته شده است.

۲- دولومیت: معدن لاجوله با ذخیره اکتشاف

شده حدود ۳/۸ میلیون تن جهت تأمین دولومیت مورد نیاز کارخانه در نظر گرفته شده است. ظرفیت معدن برای مرحله تولید ۵۵۰ هزار تن فولاد ۲۱ هزار تن در سال پیش‌بینی شده بود ولی عملاً میزان مصرف سالانه حدود ۷۰۰ تن گردیده و برای مرحله تولید ۱/۹ میلیون تن فولاد نیز بیش از حدود ۲۱ هزار تن در سال ضروری نیست بدین ترتیب معدن نیازی به توسعه ندارد.

۳- کوارتزیت (ماسه سنگ کوارتزیتی):

معدن متکستانه با ذخیره اکتشاف شده حدود ۴/۳ میلیون تن جهت تأمین ماسه سنگ کوارتزیتی مورد نیاز کارخانه در نظر گرفته شده است این معدن نیازی به توسعه ندارد.

۴- فلورین (فلوریت): میزان نیاز کارخانه در

مرحله تولید ۵۵۰ هزار تن فولاد حدود ۳ هزار تن در سال و برای مرحله تولید ۱/۹ میلیون تن فولاد حدود ۱۰ هزار تن در سال است. فلورین مورد نیاز تاکنون از معادن بخش خصوصی خریداری می‌شده و مقداری نیز از معادن تحت اکتشاف استخراج می‌گردیده است. عملیات اکتشافی روی مناطق پیشاوند و آتشکوه دلیمان انجام گرفته ولیکن تاکنون میزان ذخیره اکتشاف شده آنچنان نبوده که طرح درازمدتی جهت بهره‌برداری از این معادن تهیه گردد.

۵- خاک‌نسوز:

- نیازهای کارخانه: بر اساس طرح در مرحله تولید ۵۵۰ هزار تن فولاد ۲۵ هزار تن در سال بوده ولی عملاً همواره حدود ۳۶ تا ۴۰ هزار تن در سال مصرف کرده است. با این ترتیب پیش‌بینی می‌شود برای مرحله تولید ۱/۹ میلیون تن

تأمین نیازهای کارخانه در درازمدت ادامه داشته و پیش‌بینی می‌شود در قسمت کانسار کوپرس ۵ بتوان طراحی و تجهیز یک معدن با عمر زیاد را مورد نظر قرارداد.

۷- سنگموز: میزان سنگ معدنی سنگنز ( با عیار حدود ۲۷٪ سنگنز) مورد نیاز برای مرحله تولید ۵۵۰ هزار تن فولاد حدود ۳۰ هزار تن در سال بوده که تا کنون از طریق معادن خصوصی (یا ملی شده) تأمین می‌گردیده است.

با توجه به این که میزان نیاز کارخانه برای مرحله تولید ۱۰/۹ میلیون تن حدود ۸۰ تا ۱۰۰ هزار تن در سال خواهد بود اکتشاف کانساری که بتواند تکفوی نیازهای کارخانه را بشمارد مورد نظر قرار گرفته است. معدن سنگ آهن سنگنز از چاه باشد بررسی شده و کیفیت آن از نظر مصرف در کوره بلند مطلوب و اقتصادی نبوده و در حال حاضر انجام عملیات اکتشافی در معدن و نارچ در برنامه قرار گرفته و معدن رباط کریم نیز تحت بررسی است.

در عملیات اکتشاف آب جهت تأمین مصارف صنعتی مناطق معدنی زغال سنگ و سنگ آهن منابع اصلی تأمین آبهای آشامیدنی و صنعتی تأسیسات معدنی و کارخای ساختمانسی در دست اقدام شرکت ملی فولاد ایران از آبهای زیرزمینی است و بدین منظور برای جلوگیری از تداخل بهره‌برداری آب این شرکت با بخش‌های کشاورزی قبلاً مناطق مسورد اکتشاف ذوب آهن از طریق وزارت نیرو ممنوع اعلام شد و این مناطق کاملاً از نظر ذخایر زیرزمینی تجزیه و تحلیل و مورد اکتشاف قرار گرفت تا ضمن اطمینان از ذخایر مورد نیاز جهت جلوگیری از خسارت وارد بر ذخیره آب به میزان قانونی از این سفره‌ها برداشت شود.

### ۱- عملیات انجام شده

آبرسانی تأسیسات شرکت ملی فولاد ایران بر اساس تولید ۱/۹ میلیون تن فولاد در سال تا کنون در مناطق معدنی زیر انجام گرفته است:

- تأسیسات زغال سنگ کرمان
- منطقه البرز شرقی (شاخرو)د
- مناطق معدنی و مسکونی سنگ آهن مرکزی (باقی)

### ۱-۱- منطقه زغال سنگ کرمان- در نتیجه کارهای

اکتشافی در دشت زرنده که در وسعتی قریب ۱۰۴۰ کیلومتر مربع انجام شده تأمین آب آشامیدنی مناطق مسکونی و همچنین تأمین آب صنعتی کارخانه زغال شویی زرنده را فراهم آورده است است و در این دشت ساختمان ع کارگاه استخراجی آب که شامل بر ۳۲ حلقه چاه بهره‌برداری است به پایان رسیده است علاوه بر دشت در مناطق هجندک، خمرو، طغراجه، تعداد چهار کارگاه استخراجی آن به منظور ایجاد تأسیسات معدنی زغال سنگ ساخته شده است.

میزان و مقدار ذخایر آب قابل بهره‌برداری که تا کنون در مناطق زغال سنگی کرمان اکتشاف و تأمین شده به شرح زیر است:

دشت زرنده	۴۳۰ لیتر در ثانیه
هجندک و اشکلی	۴۰ " "
طغراجه	۹۲ " "
خمرو	۲۰ " "
همکر	۲۳ " "
جمعاً	۶۰۵ " "

### ۱-۲: منطقه البرز شرقی- کوش آبهای زیرزمینی

برای معادن طزره- در کارخانه زغال شویی شاخرو دو منطقه مسکونی مهمان دوست انجام گردیده است، مقادیر آب تأمین شده در این مناطق کلاً قریب ۳۹۰ لیتر در ثانیه است و عملیات اکتشافی آب در منطقه زبور در حدود پنج ماه دیگر کلاً خاتمه خواهد یافت.

### ۱-۳: منطقه سنگ آهن مرکزی (باقی) - عملیات

اکتشاف آب به منظور تأمین آب مورد نیاز مناطق معدنی و تأسیسات کارخانه تغلیظ سنگ آهن تا کنون در مناطق قطروم، ساغند، هجندک، شیطور، بافق جنوبی، باقباد، چاه درملو، حسن آباد به اتمام رسیده است در مناطق فوق الذکر مسئله تحقیقات لیدر و شیمی آب بسیار حائز اهمیت بوده زیرا با توجه به کویری بودن منطقه و بالا بودن نمکهای آب طبق درخواست امور طراحی معادن آب مورد نظر برای مصارف صنعتی بانمک‌هایی حداکثر تا ۲ گرم در لیتر و برای شرب تا ۲ گرم در لیتر قابل قبول بوده است لذا برای بررسی‌های آب آشامیدنی اغلب عملیات تحقیقاتی در مناطق شکستگی انجام گرفته است به طور

کلی طبق محاسبات انجام شده مقدار آب قابل بهره برداری در حوزه بافق به شرح زیر است:

منطقه قطروم و بافق جنوبی	۲۰۰ لیتر در ثانیه
منطقه ساغند	۵ " "
" سنجدک	۳ " "
" بهاباد	۳۰۰ تا ۳۵۰ لیتر در ثانیه
" چاه درملو	۵۲۰ " "
" حسن آباد و شیطور	۳۰۰ " "
جمعاً	۱۳۷۸ " "

کل حجم عملیات حفاری در ناحیه بافق با حفر بیش از ۲۰۰ حلقه چاه عمیق اکتشافی و بهره برداری و با مترژی در حدود ۵۰۰۰۰۰ حفاری انجام شده است.

۲- برنامه آبی اکتشافات آب و حجم عملیات پیش - بینی شده که تحت بررسی است.

## ۵- هزینه

با توجه به مطالبی که در مقدمه آمده است، میزان هزینه انجام شده جهت طرحهای اکتشاف و تجهیز تسکون به قرار زیر است:

۱- مرحله تولید ۵۵۰ هزار تن فولاد: در این مرحله کل عملیات اکتشاف و تجهیز در قالب طرح تأسیس ذوب آهن اصفهان بوده و میزان هزینه های انجام شده به طور تفکیک محاسبه نگردیده است. به طور تقریب می توان گفت حدود ۱۴ میلیارد ریال تا پایان سال ۱۳۵۱ بدین منظور صرف شده است.

۲- میزان هزینه انجام شده جهت ادامه طرحهای تجهیز معادن برای مرحله تولید ۱/۹ میلیون تن فولاد در سال از سال ۱۳۵۳ تا ابتدای سال ۱۳۵۹ به قرار زیر بوده است:

۱- شرکت زغال سنگ کرمان	۳۷۷۰۶ میلیون ریال
۲- شرکت زغال سنگ البرز شرقی (شاهرود)	۱۷۰۴۲ میلیون ریال
۳- شرکت زغال سنگ البرز مرکزی (زیر آب)	۵/۶۸۴ میلیون ریال
۴- شرکت زغال سنگ البرز غربی (سنگرود)	۴۸۹۷ میلیون ریال

۵- شرکت سنگ آهن مرکزی ایران	۹۴۹۳ میلیون ریال
۶- اکتشافات طبس	۵۲۸ " "
۷- سایر موارد معدنی	۳۸۷۹ " "
جمع	۸۱۲۲۹ " "

۳- بودجه مصوبه اکتشاف و تجهیز معادن برای سال ۱۳۵۹ جمعاً ۲۷ میلیارد ریال است. هر چند میزان برآورد شده حدود ۲۴ میلیارد ریال بوده ولیکن ممکن است با اقداماتی که اخیراً جهت صرفه جویی به عمل آمده بتوان از درخواست بودجه اصلاحی صرف نظر کرد.

۴- چون تا کنون به لحاظ شتاب در امر بهره برداری از معادن عموماً عملیات اکتشافی با ساختمان معدن و حتی بهره برداری تداخل داشته تفکیک هزینه های اکتشافی از تجهیزامکان پذیر نبوده است.

پیش بینی می شد که به تدریج بتوان هزینه های این دورشته عملیات را از یکدیگر تفکیک کرد ولیکن با توجه به بررسی های مجدد که باعث تغییر برنامه های قبلی شده و لزوم افزایش مجموع ظرفیتهای معادن و قرار دادن اکتشاف و اکتشاف و

استخراج همزمان پاره ای از معادن در برنامه های جدید، تفکیک هزینه های اکتشاف از تجهیز را فعلاً مشکل کرده است. کوشش خواهد شد تا به تدریج اقدام لازم در این زمینه به عمل آید.

۵- برنامه های جدیدی که تهیه شده از نظر هماهنگی با زمانهای بهره برداری از طرحهای صنایع فولاد تحت بررسی بوده و به زودی خطوط اصلی برنامه پنجساله اکتشاف و تجهیز معادن و ساختمان کارخانه های زغالشویی و طرحهای اکتشاف آب و آبرسانی در شرکت ملی فولاد ایران به طور کلی مشخص خواهد شد.

با توجه به این که بدون تهیه طرح، امکان برآورد هزینه لازم دقیق میسر نبوده و تهیه طرح نیز خود پس از تصویب برنامه انجام خواهد گرفت لذا در حال حاضر نمی توان ارقام مربوط به هزینه لازم جهت طرحهای مزبور را معین کرد.

در قیاس با آنچه در گذشته انجام شده و با در نظر داشتن اتمام طرحهای در دست اجرا مجموعاً به طور تقریب می توان هزینه لازم جهت برنامه های پنجساله (۱۳۶۰ تا ۱۳۶۴) را حدوداً ۱۲۰ میلیارد ریال برآورد کرد.

ارقام دقیق تر و جزئیات آن پس از مشخص شدن تصویب خواهد شد.

## و: نیروی انسانی

باتوجه به اینکه قبل از شروع کار ذوب آهن به جرمعادن کوچک عملیات معدنی در کشور به مفهوم علمی و امروزی موجود نبوده است، این شرکت از نظر کادر متخصص معدنی از سطح کارگر تا تکنیسین ومهندس چه در اکتشاف و چه در تجهیز واستخراج از بدو امر در مضیقه بوده واكثريت قریب به اتفاق پرسنل تازه کار و بی تجربه بوده اند. لذا به موازات عملیات اجرایی به امر آموزش، کادر متخصص مورد نیاز نیز توجه شده و بدین منظور علاوه بر آه-وزش عملی در حین کار اقدام به تأسیس آموزشگاه کرده و کارآموزانی نیز به خارج از کشور در دوره های کوتاه و بلند مدت اعزام داشته است.

همانگونه که قبلاً اشاره شد این عدم تجربه و زمان لازم جهت آموزش سبب تاخیرات و بالطبع زیانها ومخارج نسبتاً قابل توجهی برای شرکت بوده است. به علاوه کادر آموزش یافته به دلایل گوناگون به تعداد قابل ملاحظه ای توسط معادن وصنایع بخشهای دیگر در کشور جذب شده اند. هم اکنون شرکت از نظر پرسنل لازم جهت بهره برداری از معادن در مضیقه است.

مسأله دیگری که وجود دارد مشکلات مربوط به جابه جایی و کاهش کادر است عملیات اکتشافی بر حسب طبیعت کار زمان معینی داشته و پس از پایان اکتشاف يك منطقه لازم است کارکنان شاغل در آن طرح در صورتی که امکان اشتغال در منطقه دیگری وجود داشته باشد انتقال داده شود. این هردو مسأله همواره یکی از مشکلات شرکت بوده است. جهت حل این مشکل در نقاطی که عملیات اکتشافی منجر به ساختمان و بهره برداری از يك معدن شده کوشش بعمل آمده تا حتی الامکان پرسنل اکتشافات در همان معدن به کار گرفته شوند که در این راه نیز موفقیت چندانی به دست نیامده است.

تعداد کارکنان فعلی طرحهای اکتشافات وتجهیز معادن شرکت مجموعاً حدود ۲۲۰۰۰ نفرند.

هم اکنون براساس برنامه های تحت بررسی جهت بهره برداری معادن جدید نزدیک به ۵۰۰۰ نفر پرسنل معدنکار متخصص و آموزش یافته مورد نیاز است. البته در سطوح پایین تر در صورتی که بتوان تعداد کارگران مورد نیاز را جذب کرد می توان با آموزشهای مقدماتی تا حدی که مهارت لازم اکتساب شود پس از مدت کوتاهی کادر مورد نیاز را تربیت کرد ولی در

سطوح بالاتر زمان آموزش عملی طولانی تر ومشکلاتر خواهد شد. راه اندازیها- راه اندازی واحدهای تولیدی، نتیجه کوششهای بی وقته کارگران ومسؤولان این مجتمع بوده است که از برکات انقلاب اسلامی، به رهبری امام خمینی انجام پذیرفته است. چند بخش از آن را که به علم شیمی بستگی دارد به اختصار شرح می دهیم، عبارتند از: راه اندازی باتری كك شماره ۲ در یوم ۲۲... ۲۲ بهمن سال ۶۲ با شارژ سلولها از زغال سنگ تواید كك آغاز گشت، کارگاههای مشروحه زیر نیز با این راه اندازی وارد خط تولید گردید:

۱- کارگاه آماده سازی زغال وافزایش ظرفیت آن تا يك- صد هزار تن.

۲- کارگاههای بخش كك

۳- بخش بازیابی محصولات شیمیایی كك سازی

۴- قسمت پالایش بنزول

۵- دستگاه بیوشیمی

۶- قسمتهای انرژی و آبرسانی (زیوشیمی، زیست شیمی)

همچنین ساخت سکوی شماره ۴ كك سازی واتفاق فرمان آن ولوله کشی انبار بنزول

سیلوی زغال: چهارده سیلوی باقیمانده از بیست سیلوی زغال سنگ طرح توسعه که هر کدام دارای ظرفیتی معادل ۲۵۰۰ تن در تیرماه سال ۱۳۶۳ مورد بهره برداری قرار گرفت و بدین ترتیب امکان ذخیره زغال سنگ در کارخانه به یکصد هزار تن بالغ گردید.

راه اندازی واحد شماره ۴ نیروگاه حرارتی: واحد شماره ۴ نیروگاه گرمایی که متشکل از ۲ واحد توربوژنراتور است، با قدرت تولیدی ۵۵ مگاوات در ساعت، در روز هفتم تیرماه ۶۲ وارد مدار بهره برداری شد که اکنون با قدرت تولیدی ۴ مگاوات در ساعت کار می کند.

راه اندازی کارخانه اسفالت: این کارخانه با ظرفیت يك صدتن در تساریخ ۲۹ تیرماه سال ۶۲ به مرحله تولید رسید، مصالح اولیه این کارخانه با دانه بندی صفر تا ۲۵ میلیمتر و به صورت نیم اتوماتیک وتمام اتوماتیک قادر به تولید است. کلیه مصالح مورد نیاز این کارخانه به جز تیراژ تولیدات کارخانه بوده و قیر مصرفی به میزان ده تن در روز از پالایشگاه اصفهان تأمین می گردد. محصول به صورت اسفالت زبره، نرمه راه سازی واسفالت مخصوص عایق کاری بامها است.



## راه اندازی تصفیه خانه شیمیایی:

تصفیه خانه شیمیایی، آب تصفیه شده مورد نیاز نیرو - گاهها را تأمین می کند با وجود داشتن مشکلات فنی و کمبود وسایل مورد نیاز در شهریور ماه ۱۳۶۲ کارهای زیر انجام شده است:

- اجرای کارهای رگلاژ و راه اندازی دو خط کربنات گیری (تولید آب بدون کربنات) با قدرت ۵۳۰ متر مکعب آب خام در ساعت.

- اجرای کارهای رگلاژ و راه اندازی کارگاه لجن با قدرت ۱۱ متر مکعب در ساعت.

- اجرای کارهای رگلاژ و راه اندازی کارگاه فیلترهای مکانیکی با قدرت کلی ۵۳۰ متر مکعب در ساعت.

- اجرای کارهای رگلاژ و راه اندازی دو خط تولید آب بدون نمک با قدرت هر یک ۱۴۰ متر مکعب در ساعت.

- اجرای کارهای رگلاژ و راه اندازی دو خط تولید آبهای کندها با قدرت هر یک ۳۰ متر مکعب در ساعت. در این راه اندازی، کمپلکس مونتاژ نیرو، نقش کمپلکس مادر را داشته است.

## راه اندازی کمپرسور اکسیژن شماره یک:

در تاریخ ششم شهریور ماه ۶۲، کمپرسور اکسیژن شماره یک ذوب آهن به راه افتاد. عملیات ساختمانی این کمپرسور از اوایل سال ۱۳۵۹ آغاز شد. این کمپرسور با ظرفیت ۱۲۵۰۰ متر مکعب در ساعت و با مصرف برق ۳۵۰۰ کیلووات در ساعت، فشار اکسیژن تولیدی را از ۲٪ اتمسفر به ۳۵ اتمسفر رسانده و آن را برای تولید چدن و فولاد به کوره بلند ۲،۱ و کنورتور می فرستد.

## راه اندازی کمپرسور شماره ۶ کارگاه اکسیژن:

کمپرسور هوای شماره ۶ کارگاه اکسیژن در روز عید

سعید قربان در تاریخ ۶۲/۶/۲۷ راه اندازی شد. این کمپرسور معادل هشتاد هزار متر مکعب هوا را با فشار ۶ اتمسفر برای تولید اکسیژن به بلوکهای تفکیک کننده هوا تحویل می دهد. عملیات مونتاژ این دستگاه از سال ۱۳۵۷ آغاز گشت و پس از مدتی توقف، با کوشش تلاشگران مهندسی کل انرژی، کارگاه اکسیژن، کمپلکس مونتاژ تجهیزات کک، نیروگاه، مونتاژ برق و تأسیسات بهداشتی به پایان رسید.

## راه اندازی کوره آهک پزی پلی زیوس:

کوره دوار آهک پزی پلی زیوس با ظرفیت ۵۵۰ تن آهک در شبانه روز در نهم مهر ماه ۶۲ راه اندازی و در یازدهم مهر ماه بارگیری شد. این کوره، آهک مورد کارگاه کنورتور و کوره بلند را تأمین می کند. لازم به یادآوری است که پس از پنج سال وقفه در انجام این پروژه به عمت کارکنان کارخانه به ویژه کمپلکس مونتاژ نیرو با تحمل رنجهای فراوان با وجود فرسودگی تجهیزات و نیاز به بازسازی و جایگزین کردن قطعه های مشابه، کارهای مونتاژ و رگلاژ تجهیزات با موفقیت پایان یافت.

کارگاه گل مجرا: کارگاه تولید گل مجرا در زمینی به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع و ارتفاع ۳۰ متر در ۷ طبقه در بخش تولیدات مواد نسوز پس از سه سال در تاریخ ۶۲/۷/۱۱ مورد بهره برداری قرار گرفت و با ظرفیت تولیدی ۲۸۵۰ تن گل مجرای خشک که با تکنولوژی نوری در این کارگاه حاصل می گردد، نیاز کوره اول و کوره دوم را با این دوماه بر طرف می سازد. در هر بار تخلیه چون، (هر ۲ تا ۱/۵) ساعت مقداری از این گل مصرف می شود که به طور متوسط بیش از ۸ تن در شبانه روز است. مواد اولیه تولید گل مجرا، از نوع گل نسوز مخلوط با قطران زغال سنگ است. این کارگاه قادر خواهد بود تا تولید ۴ میلیون تن برای کوره های بلند در آینده، گل مجرای لازم را تأمین نماید.

در راه اندازی این کارگاه، کمپلکسهای مونتاژ برق، تأسیسات بهداشتی، کک سازی، آبرسانی، راه و عمران و مهندسی کل مخاطرات و... سهم مؤثری داشته اند.

راه اندازی دوهین کوره بلند ذوب آهن:

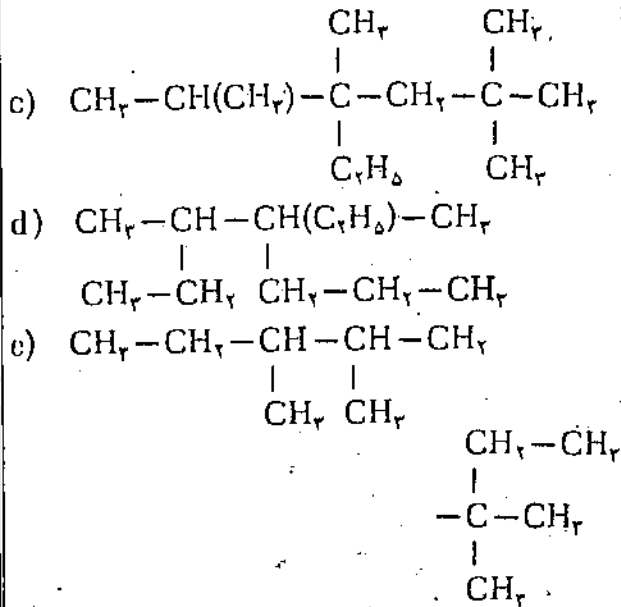
در نیمه دوم آبانماه ۱۳۶۲ با گرم کننده مسای کف کوره به منظور خشک و گرم کردن کوره برای راه اندازی، نخستین عمل ذوب در تاریخ ۲۳ آذر ماه ۶۲، این کوره با ظرفیت ۲۰۰۰ مترمکعب و تولید سالانه، چدن معادل ۱۲۳۵۰۰۰ تن مورد بهره برداری قرار گرفت. در ترکیب کارگاه کوره بلند شماره ۲، دوهی محوطه ریخته گری، چهار گرم کننده هوا که با گاز گرم می شود، چهار لوله گاز که از کوره، منسجم به دستگاه غبارگیر وصل می شوند، پل شیدار اسکیب با جرثقیل دوار، ساختمان بالا بر کوره و غیره... در نظر گرفته و ساخته شده است.

پس از زمانی انتظار، کوره دوم هم به یاری پروردگار گرم شد و چدن مذاب از دهانه های آن مانند چشمه جوشان روان گشت.

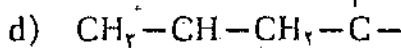
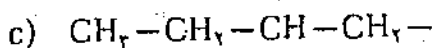
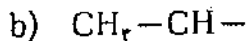
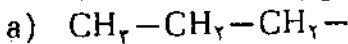
راه اندازی فولادریزی شماره ۲:

آزمایشهای گروهی این واحد در تاریخ ۲۵ دیماه سال ۶۲ آغاز شد در طرح توسعه، سه ماشین ریخته گری شمش در نظر گرفته شده که با سرعت ریخته گری حداکثر ۱/۷ و ۱/۷ متر در دقیقه شمشهایی به قطع ۱۵۰ × ۱۵۰ و ۲۰۰ × ۲۰۰ - میلیمتر و طول ۹ تا ۱۲ متر تولید می کند این ریخته گری از کانال تشکیل شده و در صورتی که به تولید نهایی برسد، می تواند در هر شبانه روزه ۷۰۰ تن فولاد را بصورت شمش فولادی در آورد.

از مسئولان شرکت ملی ذوب آهن ایران به ویژه بخش روابط عمومی آن که اطلاعات و راهنماییهای لازم و همچنین نشریات خود را در اختیار سازمان پژوهش و برنامه ریزی کتابهای درسی قرار داده اند، صمیمانه تشکر می شود.



۲۲- نام IUPAC آلکیل های زیر را بنویسید:



۲۳- در نام های زیر دقت کنید در صورتی که اشتباهی دیده

می شود، اصلاح کنید و فرمول تئیدروکربن مورد نظر را نیز بنویسید:

a - ۲ - اتیل پنتان

b - ۴، ۲، ۲ - تری متیل پنتان

c - ۲، ۵، ۶، ۶ - تترامیل - ۵ - اتیل اکتان

۲۴- فرمول ساختمانی تئیدروکربنهای زیر را بنویسید.

a - ۳ - متیل - ۳ - اتیل - پنتان

b - ۲، ۴، ۶ - تری متیل - هپتان

c - ۲، ۲، ۴، ۴ - تترامیل - ۳، ۳ - دی اتیل پنتان

d - ۲، ۵ - دی متیل - ۴ - پروپیل - ۴ - ایزوپروپیل

هپتان

e - ۳ - متیل - ۴ - اتیل هگزان

f - ایزوهگزان

g - نئوهگزان

پاسخ تمرینها در شماره آینده.

(دنباله)

# پرسشهای

(شیمی)

(نقل از شماره دوم)

امتحان گزینش

دانشجوی دانشگاهها

و مؤسسات آموزش عالی

۲۵۰- با توجه به داده‌های جدول مقابل :

کدام مقایسه زیر در مورد غلظت  $H^+$  در محلول نرمال اسید درست است؟

$$A_1 > A_2 > A_3 \quad (1)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} A_2 = \frac{1}{4} A_3 \quad (2)$$

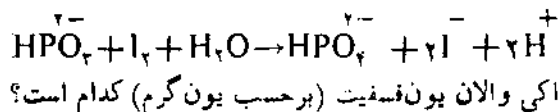
$$A_2 > A_3 > A_1 \quad (3)$$

$$A_1 = 10 A_2 = 100 A_3 \quad (4)$$

۲۵۱- محلول کلرید آمونیم در آب دارای خاصیت اسیدی است یا بازی، چرا؟

(۱) اسیدی، زیرا  $Cl^-$  بر خلاف  $NH_4^+$ ، با  $H^+$  آب تولید  $HCl$  می‌کند.

۲۵۶- در واکنش :



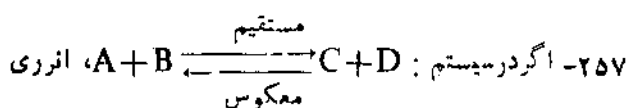
اکسی والان یون فسفیت (برحسب یون گرم) کدام است؟

(۱)  $-\frac{1}{4}$

(۲)  $\frac{1}{3}$

(۳)  $-\frac{1}{2}$

(۴)  $\frac{1}{1}$



اکتیواسیون واکنش مستقیم از انرژی اکتیواسیون واکنش معکوس کمتر باشد، در آن صورت :

(۱) واکنش مستقیم گرمازا و واکنش معکوس گرماگیر خواهد بود.

(۲) واکنش مستقیم گرماگیر و واکنش معکوس گرمازا خواهد بود.

(۳) واکنش مستقیم و معکوس هر دو گرماگیر خواهند بود.

(۴) واکنش مستقیم و معکوس هر دو گرمازا خواهند بود.

۲۵۸- واکنش گرمازایی که با کاهش بی نظمی همراه است، مفروض می باشد، این واکنش می تواند...

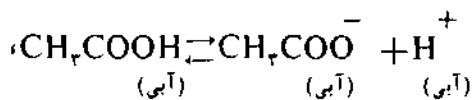
(۱) با هیچگونه پیشرفتی همراه نباشد.

(۲) تا حدودی پیشرفت کرده و به حالت تعادل برسد.

(۳) در دمای پایین کاملاً یکطرفه باشد.

(۴) کاملاً یکطرفه و با پیشرفت کامل همراه باشد.

۲۵۹- اگر به سیستم در حالت تعادل :



مقداری استات سدیم اضافه شود، در آن صورت...

(۱) غلظت  $\text{OH}^-$  ثابت خواهد ماند.

(۲) غلظت  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  کاهش خواهد یافت.

(۳) غلظت  $\text{OH}^-$  کاهش خواهد یافت.

(۴) غلظت  $\text{H}^+$  کاهش خواهد یافت.

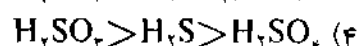
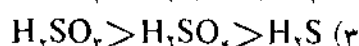
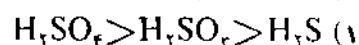
(۲) اسیدی، زیرا  $\text{NH}_4^+$  برخلاف  $\text{Cl}^-$  تمایل به جذب  $\text{OH}^-$  آب را دارد.

(۳) بازی، زیرا  $\text{Cl}^-$  یونهای  $\text{H}^+$  آب را جذب می کند و  $[\text{OH}^-]$  را افزایش می دهد.

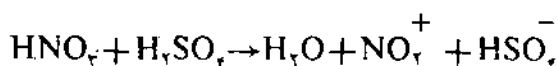
(۴) بازی، زیرا  $\text{NH}_4^+$  با  $\text{OH}^-$  آب، تولید آمونیاک می کند.

۲۵۲- کدام ترتیب زیر، در مورد قدرت اسیدی محلول آبی

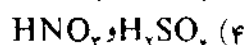
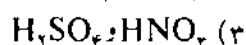
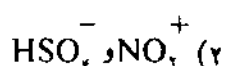
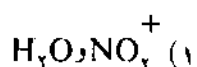
$\text{H}_2\text{SO}_4$ ،  $\text{HO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{S}$  در شرایط یکسان درست است؟



۲۵۳- در واکنش :



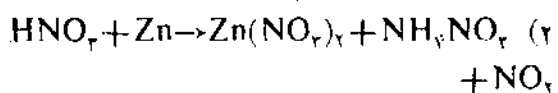
اسید و باز بروانشند به ترتیب کدامند؟



۲۵۴- از اثر اسید نیتریک بر فلزروی، گازی رنگی حاصل می شود

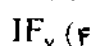
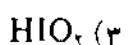
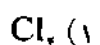
که در هوا به رنگ خرمایی در می آید، معادله واکنش

مربوط به تشکیل این گازی رنگ کدام است؟



۲۵۵- در کدام ترکیب زیر، همه الکترونها لایه ظرفیت ید

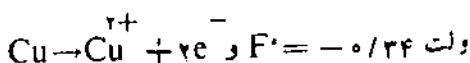
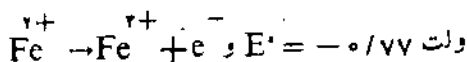
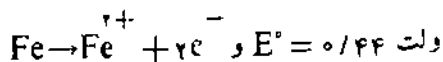
دریوند شرکت دارند؟



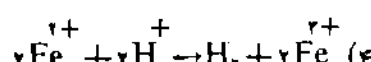
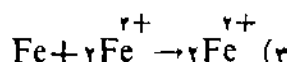
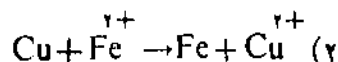
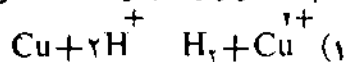
۲۶۵- با توجه به اینکه در پیل «روی - منگنز»، روی قطب مثبت است، در ضمن واکنش این پیل... و

- (۱) اتمهای روی اکسید می‌شوند.
- (۲) اتمهای منگنز اکسید می‌شوند.
- (۳) یونهای روی اکسید می‌شوند.
- (۴) یونهای منگنز احیا می‌شوند.

۲۶۱- با توجه به داده‌های مقابل:



کدام واکنش زیر، در شرایط استاندارد، انجام پذیر است؟



۲۶۲- ۱۰ سانتیمتر مکعب محلول اسید سولفوریک یک مولار، با چند سانتیمتر مکعب محلول یک نرمال تییدروکسید سدیم، خنثی می‌شود؟

(۱) ۵

(۲) ۱۰

(۳) ۱۱

(۴) ۲۰

۲۶۳- pH محلول یک هزارم مولار تییدروکسید سدیم، کدام است؟

(۱) ۳

(۲) ۱۰

(۳) ۱۱

(۴) ۱۳

۲۶۴- اگر در یک واکنش در مدت ۵ ثانیه ۰/۲ مول از یکی از

مواد اولیه مصرف شود، سرعت متوسط واکنش بر حسب

مول بر دقیقه، کدام است؟

(۱) ۴٪

(۲) ۲/۴

(۳) ۱۰

(۴) ۲۵

۲۶۵- اگر ۱/۰ اتم گرم از عنصر X با ۲/۴ گرم اکسیژن ترکیب شود. کدام فرمول زیر را می‌توان به ترکیب حاصل، نسبت داد؟ (O = ۱۶)



۲۶۶- محلولی شامل اسید استیک و استات سدیم و محلول دیگر شامل آمونیاک و کلرید آمونیم است. اگر در شرایط یکسان، به هر کدام چند قطره محلول تییدروکسید سدیم اضافه کنیم، pH...

(۱) در اولی تغییر نمی‌کند ولی در دومی زیاد می‌شود.

(۲) در اولی زیاد می‌شود ولی در دومی ثابت می‌ماند.

(۳) در هر دو به یک نسبت کم می‌شود.

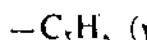
(۴) در هر دو، تقریباً ثابت می‌ماند.



۲۶۷- در ترکیب  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C} - \text{COOH}$  به جای H،



کدام گروه زیر باید قرار گیرد تا این ترکیب بر نور پلاریزه موثر باشد؟



۲۶۸- کدام ترکیب زیر، در مورد الکتروفیل یا نوکلئوفیل بودن

$\text{NH}_4^+$ ،  $\text{Br}^-$  و  $\text{AlCl}_3$  درست است؟

(۱) الکتروفیل، الکتروفیل، نوکلئوفیل.

(۲) الکتروفیل، نوکلئوفیل، الکتروفیل.

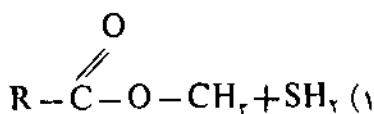
(۳) نوکلئوفیل، الکتروفیل، نوکلئوفیل.

(۴) نوکلئوفیل، نوکلئوفیل، الکتروفیل.

۲۶۹- طرف دوم واکنش:



زیر باید نوشته شود؟



۳ (۱)

۴ (۲)

۵ (۳)

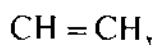
۶ (۴)

۲۷۳- از یُدروژناسیون کامل يك مول از کدام يك ترکیب

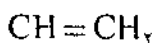
زیر گرمای بیشتری آزاد می‌شود؟

(۱)

(۲)



(۳)



(۴)

۲۷۴- نام  $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_5$

به‌روش نامگذاری ایوپاک کدام است؟

(۱) ۳، اتیل-۲، ۳-دی‌متیل بوتان.

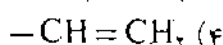
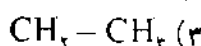
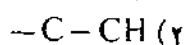
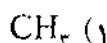
(۲) ۳، ۲، ۳-دی‌متیل - ۲ - اتیل بوتان

(۳) ۳، ۲، ۳-تری‌متیل پنتان

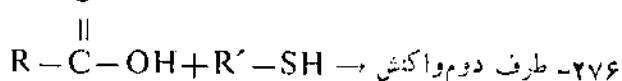
(۴) ۳، ۳، ۴-تری‌متیل پنتان.

۲۷۵- در کدام ترکیب زیر، پدیده رزونانس موجب پایداری

مولکول می‌باشد؟

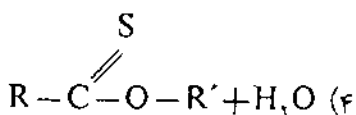
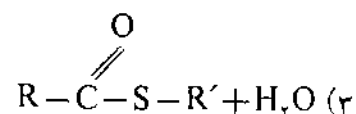
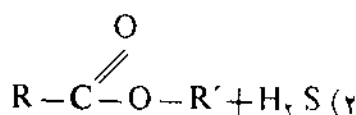
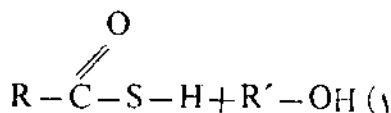


O

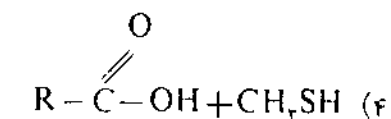
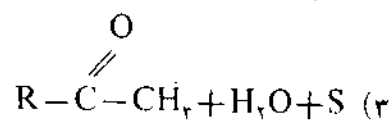
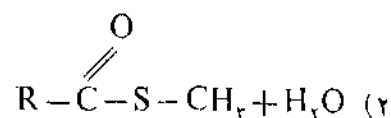


۲۷۶- طرف دوم واکنش

کدام است؟

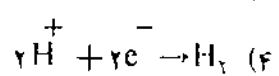
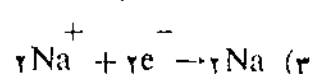
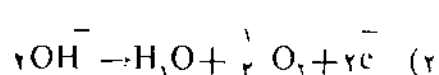
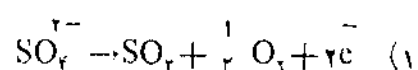


۲۷۷- فنایا بر خلاف الکها، خاصیت اسیدی دارند، زیرا اثر



۲۷۰- در الکترولیز محلول رقیق سولفات سدیم، کدام

واکنش زیر، در کاتد صورت می‌گیرد؟



۲۷۱- با توجه به اینکه در شرایط استاندارد، هم فلز A و هم

فلز B می‌توانند با نمک محلول فلز C واکنش داده و C

را آزاد کنند، کدام مطلب زیر در مورد مقایسه  $E^\circ$  این

فلزات درست است؟

(۱)  $E^\circ$  فلز A و B با هم برابر و کوچکتر از  $E^\circ$  فلز C است.

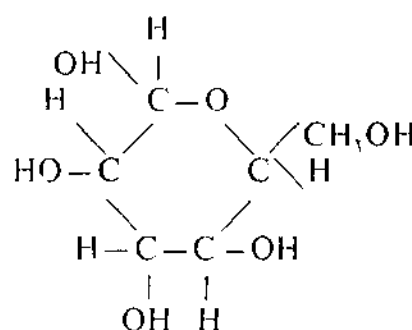
(۲)  $E^\circ$  فلز A از E فلزات B و C بزرگتر است.

(۳)  $E^\circ$  فلزات A و B با هم برابر و بزرگتر از  $E^\circ$  فلز C است.

(۴) معلومات داده شده برای مقایسه  $E^\circ$  فلزات A و B

کافی نیست.

۲۷۲- ترکیبی با فرمول ساختاری



دارای چند کربن نامتقارن است؟

الفای... ..

۱) مثبت بنیان الکل تطبیبت پیوند OH را در الکل افزایش می دهد.

۲) مثبت هسته بنزنی، بار منفی OH را در فنل افزایش می دهد.

۳) منفی بنیان الکیل بار منفی OH را در الکل کاهش می دهد.

۴- منفی هسته بنزنی، قطب پیوند O-H را در فنل افزایش می دهد.

۲۷۸- نقطه جوش ۱- بوتانل از ۲- بوتانل بالاتر است، زیرا:

۱) بار منفی عامل OH در ۱- بوتانل از ۲- بوتانل بیشتر است.

۲) پیوند بین مولکولی در ۱- بوتانل از نوع نیدروژنی و در ۲- بوتانل از نوع واندروالسی است.

۳) مولکول ۲- بوتانل متقارن و قطبیت آن از ۱- بوتانل کمتر است.

۴) نزدیک شدن OH ها و تشکیل پیوند نیدروژنی در مورد ۱- بوتانل آسانتر است.

۲۷۹- غلظت یون H<sup>+</sup> در محلول ۰.۱ نرمال یک اسید یک ظرفیتی

در دمای معین برابر ۱۰ × ۷/۰ مول در لیتر است، ثابت تفکیک این اسید در این دما کدام است؟

۱) ۱/۴ × ۱۰<sup>-۴</sup>

۲) ۱/۴ × ۱۰<sup>-۱۰</sup>

۳) ۴/۹ × ۱۰<sup>-۸</sup>

۴) ۷ × ۱۰<sup>-۱۰</sup>

۲۸۰- از سوختن کامل ۳/۶ گرم از یک آلکان، ۵/۴ گرم آب تولید می شود. فرمول مولکولی آن کدام است؟

(O = ۱۶ H = ۱ C = ۱۲)

۱) C<sub>۲</sub>H<sub>۸</sub>

۲) C<sub>۴</sub>H<sub>۱۰</sub>

۳) C<sub>۵</sub>H<sub>۱۲</sub>

۴) C<sub>۶</sub>H<sub>۱۴</sub>

۲۸۱- به فرض اینکه PH محلول ۰.۱ نرمال آمونیاک برابر ۱۱ باشد، درصد تفکیک یونی آن کدام است؟

۱ (۱)

۲ (۲)

۱۰ (۳)

۲۰ (۴)

۲۸۲- هرگاه مخلوطی شامل ۷ گرم آهن و ۶ گرم گوگرد را در ظرف سر بسته و دور از هوا حرارت دهیم تا با یکدیگر ترکیب شوند، در پایان واکنش، کدامیک از این دو ماده و چه مقدار از آن به صورت ترکیب نشده، باقی خواهد ماند؟ (Fe = ۵۶ S = ۳۲)

۱) آهن - ۱ گرم

۲) آهن - ۲ گرم

۳) گوگرد - ۱ گرم

۴) گوگرد - ۲ گرم

۲۸۳- یک تیغه آهنی را در ۱۰۰ سانتیمتر مکعب محلول ۰/۲

مولار سولفات مس (II) وارد می کنیم، وقتی که مولاریته محلول به نسبت کاهش می یابد. (به فرض اینکه تمامی مس آزاد شده بر سطح تیغه آهن نشسته باشد)، اضافه وزن تیغه آهن بر حسب گرم کدام است؟

(Fe = ۵۶ Cu = ۶۴)

۱) ۰/۰۴

۲) ۰/۰۸

۳) ۰/۵۶

۴) ۰/۶۴

۲۸۴- برای تهیه ۱۰/۴ گرم محلول یک مولال نیدروکسید سدیم، چند گرم سود ۸ درصد لازم است؟ (NaOH = ۴۰)

۱) ۰/۵

۲) ۲

۴) ۴

۴) ۵/۲

۲۸۵- ۱/۲۲ گرم از یک نمونه کلرید باریم متبلور به فرمول

BaCl<sub>۲</sub> · xH<sub>۲</sub>O، ۰/۱۸ گرم آب تبلور دارد. x کدام عدد زیر است؟

(BaCl<sub>۲</sub> = ۲۰۸ و H<sub>۲</sub>O = ۱۸)

۱) ۲

۲) ۴

۳) ۵

۴) ۷

خوانندگان گرامی این پرسشنامه به عنوان يك نظر خواهی در مورد کیفیت مجله رشد آموزش شیمی و کاربرد محتوای آن است. بی شك شما پاسخگوی محترم که با این مجله در ارتباط هستید و در ضمن مقاله های این مجله در رابطه با کار و تخصص شما تهیه شده است، می توانید راهنمایی آگاه برای این نشریه در هر زمینه باشید. تکمیل و برگرداندن این پرسشنامه از طرف شما به ما کمک خواهد کرد. سعی خواهیم کرد تا آنجا که بتوانیم پیشنهادهای شما را به کار بندیم، باشد که پیشنهادهای سازنده شما دشواری های ما را مرتفع سازد و به پربارتر شدن هرچه بیشتر مطالب مجله کمک نماید.

۱- مقاله های مجله رشد آموزش شیمی در مجموع از نظر آموزشی با مطالب کتب شیمی دبیرستانی و شیمی مربوط به دوره راهنمایی تحصیلی:

- ارتباط کامل دارد  ارتباط متوسط دارد  غیر تخصصی است   
 « ندارد  « ندارد  « نیست

۲- آیا مقاله های مجله رشد آموزش شیمی می تواند برخی از دشواری های شما را در علم شیمی حل کند؟ چگونه؟

.....  
 .....  
 .....

۳- این مجله از لحاظ شیمی و آموزش آن در دبیرستان دارای چه کمبودهایی است آنها را به اختصار شرح دهید.

.....  
 .....

۴- به نظر شما این مجله تا چه حدی کمبودهای کتاب معلم (راهنمای تدریس) را:

کاملاً جبران می کند  هیچ جبران نمی کند  تا اندازه ای جبران می کند

۵- به نظر شما از این مجله به غیر از معلمان شیمی، دیگران هم می توانند بهره گیرند؟

بلی  خیر

در صورت پاسخ بلی چرا؟

.....  
 .....

۶- آیا تالیفات یا ترجمه هایی از خود دارید؟

بلی  خیر

در صورت بلی، تعداد آن را با عنوان به اختصار بنویسید:

.....  
 .....

۷- تحصیلات شما در کدام دانشگاه بوده است؟

۸- مدرک تحصیلی شما چیست؟

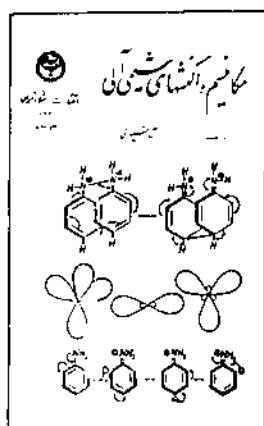


در مجله رشد آموزشی شیمی فقط انتشارات وزارت علوم و آموزش عالی ،  
وزارت آموزش و پرورش ، سایر مؤسسات دولتی و نیز مجلات و کتب شیمی  
به زبانهای خارجه معرفی می شوند.



## آشنایی با کتب و مجلات شیمی

## آشنایی با کتب و مجلات شیمی



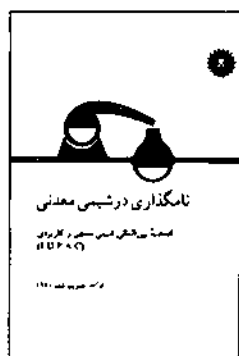
● عنوان کتاب: مکانیسم واکنشهای شیمی آلی

انتشارات: دانشگاه تهران

چاپ دوم

تألیف: دکتر علی سیدی

کتاب در ۳۳۰ صفحه شامل ۸۹ موضوع



● عنوان کتاب: نامگذاری در شیمی معدنی

اتحادیه بین المللی شیمی محض و کاربردها

انتشارات: مرکز نشر دانشگاهی وزارت فرهنگ و آموزش

عالی

تاریخ انتشار: ۱۳۶۴

کتاب در ۲۱۴ صفحه شامل ۱۱ عنوان و پنج جدول و

یک پیوست و یک ضمیمه:

ترجمه: منصور عابدینی، محمدرضا ملاردی، عباس رضوی،

فریدون معطر و ایرج توانائی پور

● Content	3
● Atalk with the readers	3
● Preface; Editor, S. Reza Agha pour Mogaddam	3
● Avicenna, Hossein; The physician and philosopher of world islam; S. Reza Aghapour Mogaddam	4
● The relation of chemical bonds with dissolving of matters in solvents; D. Mohammad Reza Melardi	8
● General study of electrochemical cell; D. Hossein Aghaie	16
● How the chemistry book compile change and modifo; Ali Akbar Norozi	26
● Alkylation Friedel - Crafts; D. Ali Sayyedi	33
● The history and the way of dicoverly of some lement and to use them; Ali Akbar Norozi	48
● The construction technique for rucal biogar dijesters; D. Massoud Roohi Larijani	54
● Questions and on swers; Hosam anini	61
● Laboratory - works; Manoochehr Daneshmand	70
● Subatomic partieles; Mohammad Rasool - zاده	72
● Students special section; Hosam amaini	74
● Get know the national steel compant of Iran; S. Reza Aghapour Mogaddam	76
● Chemistry question (test)	90
● Book reviews	96



## بسمه تعالی

با امید آنکه در سال ۶۴ بتوانیم مقالات متنوع و سودمندی در مجله حاضر گردآوری کنیم، در اینجا فهرست دو شماره رشد آموزش شیمی، منتشر شده، در سال اول را از نظر خوانندگان محترم می‌گذرانیم.

رشد آموزش شیمی شماره ۱

صفحه	عنوان
۳	پیشگفتار
۷	مقدمه
۸	جابر بن حیان
۱۱	گفتگویی با برادر دکتر حسین آقائی
۱۴	نیروهایی بین مولکولی
۲۰	نکاتی در زمینه شیمی هسته‌ای
۲۴	کاربردهای مهم ایزوتوپها و مواد رادیواکتیو
۲۶	انسان تا چندانمازه بهاسیدهای چرب نیاز دارد
۳۱	اطلاعات کلی پیرامون سلولهای الکتروشیمیایی
۳۶	پرسش و پاسخ
۴۳	ارزشیابی هدفدار
۴۸	چه نوع آموزش علوم در جهت آرمان خودکنایی تکنولوژی کشور است؟
۵۲	آشنایی با تصفیه‌خانه سازمان آب تهران
۶۲	آشنایی با کتب و مجلات شیمی
	رشد آموزش شیمی شماره ۲

صفحه	عنوان
۳	فهرست
۴	سخنی چند با خوانندگان محترم
۵	بخشی از گزارش دومین دوره کتاب
۶	سال جمهوری اسلامی ایران
۹	رازی، جالینوس جهان اسلام
۹	گزارش
۱۰	پیوندهای بین مولکولی
۱۹	اطلاعات کلی پیرامون سلولهای الکتروشیمیایی
۲۹	مکانیسم واکنشهای نیتراسیون
۳۵	نکاتی در زمینه شیمی هسته‌ای
۴۳	پرسش و پاسخ
۵۴	بیوگاز چیست و دارای چه خصوصیتی است
	پیشگویی شکل فضایی مولکولها براساس دافعه
۶۹	زوج الکتروولهای لایه والانس
۷۲	آشنایی با شرکت ملی فولاد ایران
۷۵	پرسشهای شیمی (آزمون)
۸۰	آشنایی با کتب و مجلات شیمی
۸۱	فرم اشتراك مجله رشد تخصصی

## اطلا عیه

### درباره نشریات رشد آموزش تخصصی

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور نشریاتی است که از سوی گروههای درسی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش با همکاری دفتر امور کمک آموزشی هر سه ماه یکبار - چهار شماره در سال - منتشر می‌شود.

این نشریات در حال حاضر عبارتند از:

- ۱ - رشد آموزش ریاضی
- ۲ - رشد آموزش زبان
- ۳ - رشد آموزش شیمی
- ۴ - رشد آموزش فیزیک
- ۵ - رشد آموزش زمین‌شناسی
- ۶ - رشد آموزش ادب فارسی
- ۷ - رشد آموزش جغرافیا
- ۸ - رشد آموزش زیست‌شناسی

هدف از انتشار این نشریات در وهله اول از نگاه سطح معلومات معلمان و در مرحله بعد ایجاد ارتباط متقابل میان معلمان هر رشته و دفتر تحقیقات به منظور تبادل تجارب و مطالب جنبی و مفید درسی است.

دوران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقه‌مندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت اشتراک هر چهار شماره از یک 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، صندوق پستی شماره ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱ دفتر امور کمک آموزشی - مرکز توزیع ارسال دارند. شماره تلفن مرکز توزیع: ۸۳۱۴۸۱

محل فروش آزاد

الف - تهران:

- ۱ - کتابفروشی شهید سید کاظم موسوی - اول خیابان ایرانشهر شمال
- ۲ - فروشگاه انتشارات رشد - خیابان انقلاب بین ولی عصر و کالج
- ۳ - مرکز نشر دانشگاهی - نمایشگاه دانش/کتاب
- ۴ - نمایندگانه دائمی کتاب کودک - روپروی دانشگاه تهران
- ۵ - کتابفروشی صفا - روپروی دانشگاه تهران
- ۶ - کیوسکهای معتبر مطبوعات

ب - شهرستانها:

- ۱ - باختران - کتابفروشی دانشمند - خیابان مدرس پاساژ ارم
- ۲ - آذربایجان شرقی (تبریز) - مطبوعاتی ملازاده
- ۳ - آذربایجان غربی (ارومیه) - مطبوعاتی زینالپور
- ۴ - اصفهان - کتابفروشی مهرگان و کتابفروشی جنگل
- ۵ - مازندران (ساری) هماهنگی گروههای آموزشی استان
- ۶ - کرمان - پارک مطهری - فرهنگسرای زمین
- ۷ - خرم‌آباد - خیابان شهدای شرقی، کتابفروشی آسبا

توجه، دانشجویان مراکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.



### فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجانب با ارسال فیش واریز مبلغ ۴۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکساله مجله رشد آموزش \_\_\_\_\_ هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان \_\_\_\_\_ شهرستان \_\_\_\_\_ خیابان \_\_\_\_\_ کوچه \_\_\_\_\_

پلاک \_\_\_\_\_ تلفن \_\_\_\_\_






گوده دوب یکی از واحدهای صنعتی ایران



# آیا شما رشد مخصوص دبیران رامی خوانید؟

- مجلات رشد تخصصی: ریاضی، زبان، شیمی، زمین‌شناسی، فیزیک، جغرافیا، زیست‌شناسی و ادب فارسی نشریاتی است که هر سه ماه یکبار از سوی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی انتشار می‌یابد. دبیران محترم دبیرستانها می‌توانند برای اشتراک یک‌ساله هر یک از این مجلات، مبلغ ۴۰۰ ریال به حساب ۹۲۹ خزانه بانک مرکزی (قابل پرداخت در شعب بانک ملی) واریز کنند و رسید آن را همراه با نشانی دقیق خود و ذکر نام مجله مورد تقاضا به نشانی تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱ ارسال دارند.
- دانشجویان مراکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت دانشجویی معتبر خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار گردند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

<p>رشد آموزش ریاضی</p> 	<p>رشد آموزش ریاضی</p> 	<p>رشد آموزش ریاضی</p> 	<p>رشد آموزش ریاضی</p> 
<p>رشد آموزش زبان</p> 	<p>رشد آموزش زبان</p> 	<p>رشد آموزش شیمی</p> 	<p>رشد آموزش شیمی</p> 
<p>رشد آموزش فیزیک</p> 	<p>رشد آموزش جغرافیا</p> 	<p>رشد آموزش زمین‌شناسی</p> 	<p>رشد آموزش زمین‌شناسی</p> 