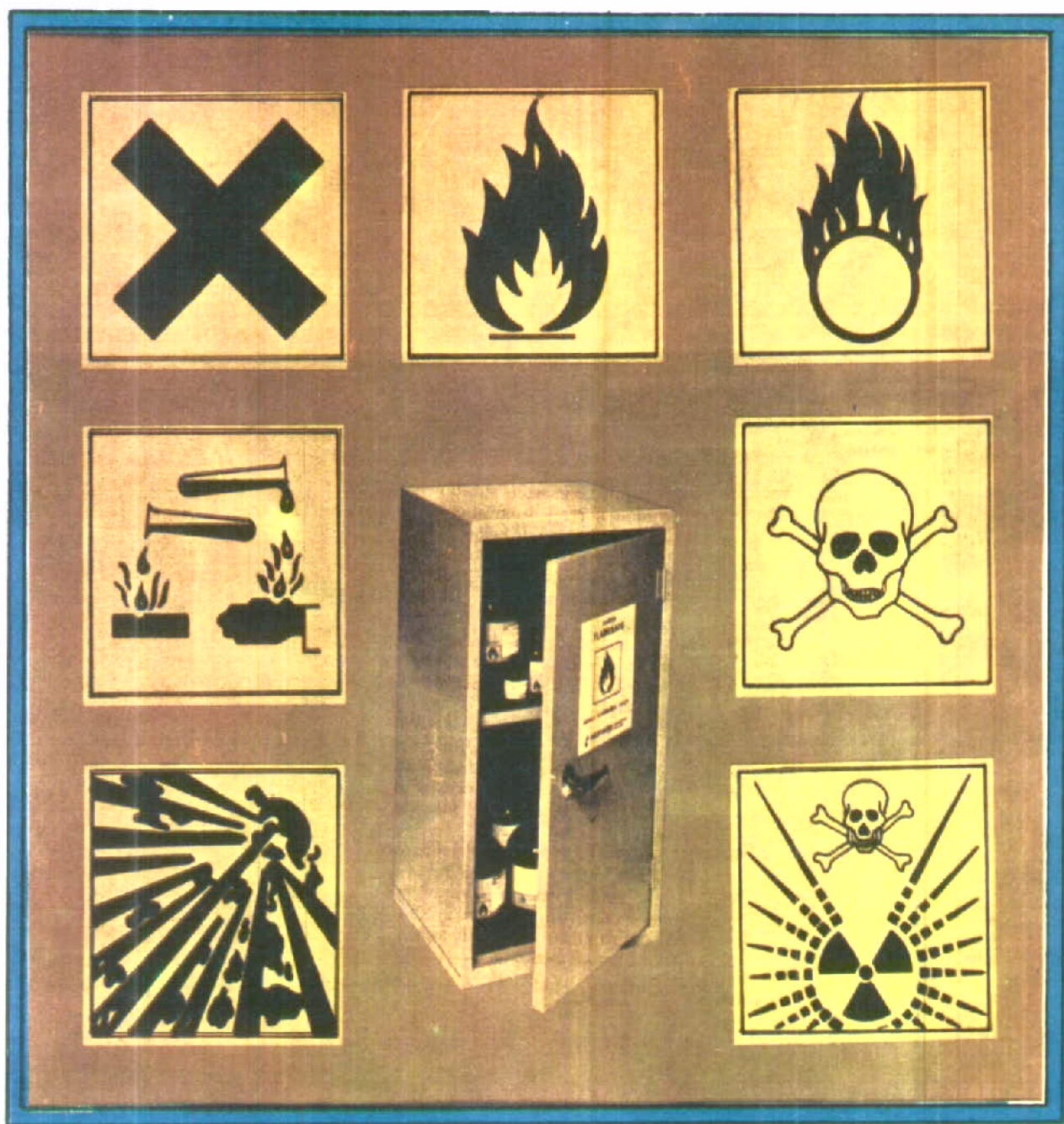


رشد آموزش شیمی

بها: ۱۰۰ ریال

سال ششم - زمستان ۱۳۶۸ - شماره مسلسل ۲۲





يك طرح فلمكاري قرن شانزدهم از شير سبز رنگي كه در حال بلع بدن خورشيد است. اين طرح، تمثيلي از طرح كيمياگري براي يك فرايند واقعي شيميايي است كه در آن تيزاب سلطاني طلا (خورشيد) را حل مي كند، از آنجايي كه طلا اغلب با ناخالصيهاي مس همراه است، محلول حاصل به رنگ سبز هاييل به آبي (رنگ اين شير) در مي آيد.

نشریه گروه شیمی دفتر تحقیقات و برنامه ریزی
و تألیف کتب درسی تلفن ۴ - ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۲)

سر دبیر : سیدرضا آقا پور مقدم

مدیر فنی هنری و تولید : حسین فرامرزی نیکنام

صفحه آرا : علی نجفی



پیشگفتار

نقش و اهمیت تاریخ علم شیمی در آموزش شیمی

تاریخ پند می دهد، می آموزد و دورنمای آینده را تا اندازه ای نشان می دهد و در این میان تاریخ علم که از سرگذشت دانشمندان، دگرگونی های علمی، وابستگی و پیاپی بودن آنها با یکدیگر سخن می گوید، جایگاه ویژه ای دارد. گمان می رود که اهمیت تاریخ علم شیمی تا اندازه ای ناشناخته مانده است. شاید این موضوع از آن جهت باشد که ارزش و اهمیت آن در آموزش شیمی به خوبی روشن نشده است. گل های شاداب این علم در گلستانی جای دارند که دیواری از کم توجهی آنها را از دستدارانشان جدا می کند، از این رو همگان نتوانسته اند به درون این گلستان گام نهند.

علم شیمی ساکن و ساکت نیست، دامنه این علم همواره در حال گسترش است. از این رو به تدوین تاریخ علم شیمی و یادگیری آن نیاز است تا آیندگان با چگونگی پیشرفت و سیر تکاملی این علم آشنا شوند و بیاموزند که روش کار شیبیدانان در پیگیری مشاهده های علمی چگونه بوده است و گروهی از آنان تا چه اندازه خود را وقف این علم کردند، تا جایی که عده ای از آنان، مال و جان خود را در این راه گذاشتند. برخی از آنها چه نیکو گفته اند:

— دانش نباید، در اختیار ستمگران قرار گیرد، اگر روزی چنین شود، فاجعه ای بزرگ پیش خواهد آمد.

«جابر، شیبیدان ایرانی»

— جهان امروز از نداشتن دارویی رنج می برد که پرهیز و اخلاق نام دارد.

«ماری کوری، شیبیدان فرانسوی (اهستانی الاصل)»

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

فهرست

پیشگفتار	سیدرضا آقا پور مقدم	۳
خط مشی های آموزش شیمی	دکتر محمدرضا ملاردی	۸
تجمع یونی - حلالیتها و ...	دکتر حسین آقائی	۱۴
کمپلکسهای آمین کبات (II) ...	دکتر منصور عابدینی	۲۶
تهیه سود به روش الکترو لیز	دکتر هوشنگ اسلامی	۳۲
پرش و پاسخ	حسام امینی	۳۶
علائم هشدار دهنده بین المللی	۲ - ی - نوروزیان	۴۱
پیشگویی جهت جابه جا شدن تعادل ...	دکتر حسین آقائی	۴۲
معرفی عناوین مقالات مندرج در ...	هیأت تحریریه	۴۷
برماسیون یک ئیدرو کربن	سیدجلال امیر آفتابی	۵۰
روش ساده، برای موازنه معادله ...	محمد احمدیان	۵۲
زیانهای استنشاق گازها و ...	دکتر محمد حسین عزیزی	۵۴
نمونه ای از پرسشهای المپیاد شیمی ۱۹۶۹		
هیأت تحریریه		۹۵
استفاده از متر چوبی مندرج	محمد باقر جلالی	۶۰
اپارین، الکساندر ایوانوویچ	عبدالله ارگانی	۶۱
آشنایی بیشتر با رشته شیمی کاربردی		
سید محمد لواسانی		۶۲
پیدا کردن زاویه پیوندی در ...	ثریا حق پرست فروحی	۶۴
پاسخ جدول شماره ۴	الف - ابراهیم پور	۶۵
اخبار		۶۵



تاریخ علم شیمی نشان می‌دهد که چگونه شیمیدانها با تلاش و رنج توانسته‌اند، پاره‌ای از رازهای پنهان طبیعت را بگشایند و مواد طبیعی را بشناسند، ویژگیهایشان را بررسی کنند و بخشی از آنها را نیز به روش سنتز بسازند.

می‌دانیم که یافتن نظامها و طبقه‌بندی در هر نوع بررسی، پژوهش و مطالعه را آسان‌تر می‌کند. از زمانهای پیشین، برخی از شیمیدانها به فکرافنادند که عنصرهای شناخته شده زمان خود را طبقه‌بندی کنند. تاریخ علم شیمی تا اندازه‌ای نشان می‌دهد که چه کسی برای نخستین بار به طبقه‌بندی عنصرها پرداخت و دیگران در اثر چه انگیزه و رابطه‌ای در این زمینه به پژوهش ادامه دادند.

لاووازیه نخستین کسی بود که عنصرهای شناخته شده زمان خود را به دو گروه اصلی فلز و نافلز تقسیم کرد. پس از وی، پرسلیوس^۵ شیمیدان سوئدی، دوبراینر (Döbereiner)، شیمیدان آلمانی، دوما (Dumas) شیمیدان فرانسوی، دوشان کورتوا (de Chancourtois) شیمیدان و زمین‌شناس فرانسوی، اولینگ (Odling) دانشمند انگلیسی، لوتارمایر (Meyer, Lothar) شیمیدان آلمانی، نیولندز (Newlands) کشیش و شیمیدان انگلیسی، مندلیف شیمیدان روسی و ...



نیولندز



مندلیف

در این زمینه، زحمت کشیدند و رنج فراوان بردند تا جایی که برخی از آنها را کوچک می‌شمردند و به مسخره می‌گرفتند. نتیجه رنج و کوشش آنها، جدول تناوبی طویل امروزی است که در آموزش شیمی و فیزیک کاربرد دارد. برای نمونه نیولندز، عنصرها را به تنهای موسیقی تشبیه کرد و این تشابه را به صورت قانون اکتاو یا قانون هشت تایی ارائه داد.

– به عقیده ما، مردم باید آگاهیهای بیشتری ازدانشها داشته باشند.

«سیبورگ، شیمیدان هسته‌ای و فیزیکدان آمریکایی»

– من به عنوان يك شیمیدان یقین دارم در آینده، ساختن مواد خوراکی از ترکیب عنصرهای هوا، آب و خاک میسر و ممکن خواهد شد.

«مندلیف، شیمیدان روسی»

هر اندازه در تاریخ علم شیمی، موشکافی بیشتری بشود، به سیراندیشه و تکامل آن در دوران گذشته فزونتر پی برده می‌شود و بهره‌گیریهای که برای بهبود وضع زندگی بشر از این علم شده است، روشن‌تر می‌شود. سیمای جالب دیگر، از تاریخ علم شیمی این است که فهم ما را درباره خود این علم می‌افزاید و به ما کمک می‌کند تا با اندیشه‌های شیمیدانها آشنا شویم.

بررسی تاریخ شیمی، تحلیل روشن‌تری از رویدادهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، نظامی و ... ارائه می‌دهد. در ضمن، گسترش این علم را به شاخه‌های گوناگون مانند زیست شیمی، شیمی معدنی، شیمی نور، الکتروشیمی، شیمی کوانتومی و ... نشان می‌دهد.

چه بسیار نوآوریها و کشفهای مشابهی که در يك زمان توسط اشخاص مختلفی انجام گرفته‌اند، برای نمونه، لاووازیه و پریتلی^۲، هر دو خود را کاشف اکسیژن می‌دانستند. پریتلی نظریه فلوزیستون^۴ را پذیرفت و سوختن مواد را با این نظریه توجیه کرد، تا جایی که این نظریه، که راه زوال را می‌پیمود، از نو اعتباری یافت و مدتی دیگر بر جای بماند. اما لاووازیه مسأله سوختن را از جنبه دیگری بررسی کرد و در نتیجه پس از آزمایشهایی توانست اکسیژن را به عنوان يك عنصر و دی‌اکسیدکربن (گازکربنیک) را به عنوان يك ترکیب بشناساند. توجیهی که لاووازیه از آتش داشت، راه را برای انجام پژوهشها و بررسیهای شیمیایی به کمک اصول فیزیکی باز کرد.

به هر حال نیولندز نتوانست در انجمن شیمیدانها در مورد تشابه عنصرها با نتهای موسیقی دلیل مناسبی ارائه دهد. از این رو نظریه وی را شیمیدانهای آن انجمن نپذیرفتند، تا جایی که یکی از اساتدهای شکاک شیمی با لحن مسخره آمیز پرسید: «اگر عنصرها را بر حسب حروف الفبا مرتب کنیم، آیا به چنین نتیجه‌ای نمی‌رسیم؟!» از این گفت و شنود، نیولندز آزرده خاطر گشت.*



به یاد آوریم که شیمیدانان هم انسانهایی چون ما هستند و از سهو و لغزش نمی‌توانند در امان باشند. حتی بزرگترین آنها گاهگاهی دچار غفلت و اشتباه شده‌اند و با سرسختی به راه نادرست رفته‌اند. برخی از آنها دیانت علمی نداشتند و گسروهی دیگر ناخودآگاه از پیشرفت علم جلوگیری می‌کردند و خود رأی بودند. برخی نیز بر ضد انسانها، با دولتهای غیر مردمی خود همکاری داشتند. چنین شیمیدانها به ویژه گروه اخیر در پیشگاه خالق، شرمنده و در برابر خلق، سرافکنده‌اند. بررسی تاریخ علم شیمی، گستردگی پهنه این علم را خاطر نشان

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
do _۱	ré _۱	mi _۱	fa _۱	sol _۱	la _۱	si _۱
Li	Be	B	C	N	O	F
do _۲	ré _۲	mi _۲	fa _۲	sol _۲	la _۲	si _۲
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

تشابه تکرار ویژگیها در نتهای موسیقی و عنصرهای شیمیایی ردیف اول و دوم

یادآوری می‌شود که گام^۲ طبیعی با گام زارلن^۸ از هشت نت (note) تشکیل شده است که فاصله موسیقی تنها و نام آنها نسبت به مبنای گام عبارت انداز:

۱	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	۲
do _۱	ré _۱	mi _۱	fa _۱	sol _۱	la _۱	si _۱	do _۲
do _۲	ré _۲	mi _۲	fa _۲	sol _۲	la _۲	si _۲	do _۳
do _۳	ré _۳	mi _۳	fa _۳	sol _۳	la _۳	si _۳	do _۴

do_۲ که بسامدش (تواتر، فرکانس، frequency) دو برابر do_۱ است، مبنای گام بعدی است. فاصله نتهای این گام مانند گام قبلی است. اما هرت از این گام، اکتاوت گام قبلی است، یعنی بسامد آن دو برابر بسامدنت نظیر در گام قبلی است. در کشورهای مختلف، برای نتها، نشانه‌های مختلفی به کار می‌برند. در جدول زیر چند نمونه در این باره آمده است:

انگلیسی	C	D	E	F	G	A	B
آلمانی	»	»	»	»	»	»	H ^۱
فرانسوی	ut _۱ یا do _۱	ré _۱	mi _۱	fa _۱	sol _۱	la _۱	si _۱
ایتالیایی	do	re	»	»	»	»	»





۹- فاصله موسیقی (Interval). نسبت بسامد دو نت پنه یکدیگر است و نتی که بسامد آن بیشتر است، در صورت قرار می‌دهند، از این رو فاصله موسیقی همیشه بزرگتر از واحد است و آن را با I نشان می‌دهند،

$$I = \frac{N_1}{N_2} \quad (N_1 > N_2 \text{ که در آن:})$$

۱۰- اکتاو (octave): اگر ارتفاع صوتی دو برابر صوت دیگری باشد، صوتی که بسامدش بیشتر است، اکتاو صوت دیگری است.

ارتفاع صوت، کیفیتی است که به زیر و بم بودن تعبیر می‌شود. ارتفاع صوت به بسامد صوت بستگی دارد، هر اندازه بسامد صوت بیشتر باشد، ارتفاع آن بیشتر، یعنی زیر تر است.

• یاد از گذشته: تعیین چگالی نسبی برخی از مواد گازی
شکل به کمک لوله‌های صوتی

از سوختن کامل ۱/۰۴ گرم نیدروکربن گازی شکل، ۰/۹۶ گرم کربن از دی‌اکسید کربن آن به دست آمده است، فرمول مولکولی آن را به دست آورید. فرض کنید لوله صوتی هر دو سمت باز و به طول ۸۹۰ میلی‌متر است و در صفر درجه سانتیگراد هنگامی که از گاز مزبور پر شود صوت اصلی آن sol_۲ است (سرعت صوت در ۵°C، ۳۳۱/۴ متر بر ثانیه و la_۲ = ۲۳۵ و جرم هر لیتر هوا ۱/۲۹۳ گرم است).

حل:

$$\frac{\text{sol}_2}{\text{la}_2} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{3}} = \frac{9}{10} \quad \text{داریم:}$$

$$\text{sol}_2 = \frac{9}{10} \text{la}_2 = \frac{9}{10} \times 235 = 391/5$$

$$\text{sol}_2 = \frac{1}{2} \text{sol}_2 = \frac{1}{2} \times 391/5 = 195/5$$

$$N = K \frac{V}{\lambda} \quad \text{فرمول کلی لوله‌های صوتی باز}$$

که در آن:

K = ۱ صوت اصلی است

N = بسامد

V = سرعت صوت

می‌سازد، هم اکنون به علت تراکم مطالب علمی، شایسته است به کوتاه نویسی و آموزش دیداری و شنیداری روی آوریم. تا آنجا که ممکن است از آزمایشگاه، فیلم، اسلاید، تلویزیون، پوستر، اورهد، اپک، ضبط صوت و کیت‌های آموزشی استفاده کنیم. کتابهای کمک درسی به زبان ساده برای دانش‌آموزان عزیز و علاقه‌مندان به این علم تهیه کنیم و نیز کتابهایی به زبان ساده که از مباحث مختلف شیمی گفتگو می‌کند برای آگاهی همکاران بنویسیم. شایسته است که جوامع در حال رشد جهان، آموزش را با روشهای یاد شده و بهره‌گیری از ابزار آموزشی، هماهنگ کنند.

چه نیکوست که انسان در هر کاری صبر کند و به خدای توکسل داشته باشد. از ناکامیها، شکستها و... نهراسد و در دانش افزایی خویش سخت کوش باشد.
خداوند؟! ما را در انجام کارهای نیک یاری ده، سلامت نفس و توفیق کسب نور علم را به ما عطا فرما.

سیدرضا آقاپور مقدم

پانوشتها

- ۱، ۲ و ۳- زندگینامه این سه دانشمند به ترتیب در شماره‌های ۹ و ۱۴ مجله رشد آموزش شیمی آمده است.
- ۴- نظریه فلوژیستون در شماره ۱۵ این مجله آمده است.
- ۵- زندگینامه این دانشمند در شماره ۷ این مجله آمده است.
- ۶- قانون اکتاوها یا قانون هشت تاییها (law of octaves) بیان ناقصی از قانون تناوبی است که توسط نیولندز، جدا از مندلیف بیان شد. وی عنصرها را به ترتیب وزن اتمی (جرم اتمی کنونی) صعودی دنبال هم نوشت به طوری که پس از هفت عنصر، عنصر هشتم از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی با عنصر اول شباهت داشت.
- ۷- گام، مجموعه‌ای از چند نت است که فاصله آنها نسبت به نت مینا که آن را کلید و یا تونیک (tonic) می‌نامند، نسبتهای ساده‌ای باشد. نسبت ساده، نسبتی است که صورت و مخرج آن کوچک و درست است.

۸- زارلین (Zarlino، ۱۵۹۰ - ۱۵۱۷) موسیقیدان و آهنگساز ایتالیایی.

در نظر می گیریم. با داده های بالا می توان نوشت:



$$\frac{12x}{y} = \frac{0.96}{0.08} = \frac{96}{8} = 12$$

$$\frac{12x}{y} = 12 \quad \frac{x}{y} = \frac{12}{12} \quad x=y$$

$$(CH)_n = 26 \quad 12n = 26 \quad n=2$$

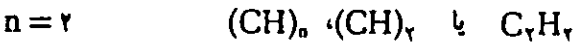




$$\frac{96}{12} = 8 \quad \frac{8}{1} = 8$$

$$\frac{8}{8} = 1 \quad \frac{8}{8} = 1 \quad \text{فرمول تجربی CH}$$

$$(CH)_n = 26 \quad 12n = 26 \quad n = \frac{26}{12} = 2$$



جرم مولکولی این هیدروکربن ۲۶ گرم تعیین شده است. فرمول مولکولی این هیدروکربن به روش زیر به دست می آید: در ۱/۰۴ گرم هیدروکربن، ۰/۹۶ گرم کربن وجود دارد. پس می توان نوشت:

$$1.04 \text{ گرم هیدروکربن} \quad 0.96 \text{ گرم کربن}$$

$$26 \quad x = 24$$

گرم کربن در يك مولکول

بدین ترتیب در هر مولکول گرم این هیدروکربن ۲۴ گرم کربن

وجود دارد که معادل ۲ اتم گرم کربن ۱۲ است

$$26 - 24 = 2 \quad \text{گرم نیتروژن در يك مولکول}$$

$$2 : 1 = 2 \quad \text{اتم گرم نیتروژن}$$

بنابراین در هر مولکول این هیدروکربن ۲ اتم کربن و ۲ اتم نیتروژن وجود دارد و فرمول مولکولی آن C_2H_2 است.

طول لوله صوتی = l

d = جگالی نسبی

$$\text{طول لوله صوتی بر حسب متر} \quad 890 : 1000 = 0.89$$

$$195/75 = 1 \times \frac{V}{2 \times 0.89}$$

$$V = 195/75 \times 2 \times 0.89 = 348/435$$

متر بر ثانیه سرعت صوت در گاز

$$\text{در گاز } V = \frac{1}{\sqrt{d}}$$

$$\frac{348/435}{331/4} = \frac{1}{\sqrt{d}} \rightarrow d = 0.9$$

$$1 \text{ لیتر هوا} \quad 1/293 \text{ گرم}$$

$$22/4 \quad x \approx 29$$

$$d = \frac{M}{M'} \quad 0.9 = \frac{M}{29}$$

جرم مولکولی هیدروکربن

$$M = 29 \times 0.9 = 26.1 \approx 26$$

چون این جسم، هیدروکربن است بنابراین تنها C و H دارد از این دو می توانیم جرم نیتروژن را حساب کنیم:

$$\frac{m}{M} = \frac{m_c}{12x} = \frac{m_H}{y} \Rightarrow \frac{1.04}{26} = \frac{0.96}{12x} = \frac{0.08}{y}$$

$$\frac{1.04}{2600} = \frac{0.96}{12x} = \frac{0.08}{y}$$

$$\frac{4}{100} = \frac{0.96}{12x} = \frac{0.08}{y}$$

$$\frac{4}{100} = \frac{0.96}{12x} \quad x = \frac{96}{4 \times 12} = 2 \quad x=2$$

$$\frac{4}{100} = \frac{0.08}{y} \quad 4y = 8 \quad y = \frac{8}{4} = 2 \quad y=2$$



روشهای دیگر:

برای تعیین فرمول مولکولی، فرمول هیدروکربن را C_xH_y



مقدمه مترجم

آنچه که در این مقاله تحت عنوان خط-
مشی آموزش شیمی، مورد بحث است،
بخشی از گزارش دهمین کنفرانس آموزش
شیمی است که هر دو سال يك بار تشکیل
می شود (BCCE). این کنفرانس بین المللی از
۳۱ ژوئیه تا ۴ اوت ۱۹۸۸ در دانشگاه پردیو
(Perdue) در لافایت غربی در ایالت
ایندیانای آمریکا برگزار شد و بزرگترین
کنفرانس در نوع خود بود که متنوع ترین
برنامه های ممکن تا زمان حاضر را ارائه
داد. زیرا در آن حدود ۹۰۰ پژوهشگر و
اندیشمند و ۲۰۰ نفر از خانواده ها و
دانش آموزان شرکت داشتند. ۴۰۰
سخنرانی، پوستر عملیات کارگاهی در زمینه
شیمی و نقش روز افزون تکنولوژی نوین
در آموزش عملی و نظری شیمی ارائه شد.
(در این کنفرانس) که با سخنرانی براون
(H. C. Brown) از دانشگاه پردیو
در باره شیمی ترکیبهای بور آغاز شد،
(موضوعهای گوناگونی مورد بحث و بررسی
قرار گرفت که مهمترین آنها عبارت بودند
از:

- شیمی در گذشته، حال و آینده
- شیمی و صنایع شیمیایی
- جدول تناوبی
- کتاب سبز ایوپاک
- تاریخ علم شیمی

- نقش دستگاههای اندازه گیری در
آموزش شیمی
- جهت گیری در آموزش شیمی
- وضع اجتماعی معلمان
- آموزش شیمی در سطح بین المللی
- تهیه کتابهای درسی شیمی برای
دیبرستان

- اثرات زیان بخش و آلوده کننده
برخی از واکنشهای شیمیایی و هسته ای
- نقش کامپیوتر و ویدئو در آموزش
شیمی
- استفاده از مدلها در آموزش شیمی
- نقش آزمایش و آزمایشگاه
- سایل ایمنی آزمایشگاه در گذشته و
حال

- تجهیز آزمایشگاهها به وسایل نیم
میکرو
(خط مشیهای آموزش شیمی)
به لحاظ اهمیتی که این موضوع آخری،
یعنی خط مشیهای آموزش شیمی برای
معلمان، دانش آموزان و سایر علاقمندان به
آموزش و فراگیری شیمی در بر دارد،
ترجمه کامل آن را از نظر علاقه مندان
می گذرانیم.

خط مشیهای آموزشی

می دهد، مورد بحث قرار گرفت.
**آیا آموزش شیمی، مسئله ای است
که ما بتوانیم آن را حل کنیم؟**

دانش آموزان چه نوع تصویرهای
نادرستی در مورد شیمی دارند؟ آیا با ساده
کردن بیش از اندازه مطالب، آنها به بیراهه
کشیده می شوند؟ چگونه می توانیم تفکر
منطقی را آموزش دهیم؟ آیا می توانیم
معلمان شیمی مفید و موثری باشیم، بدون
اینکه با عاداتها، طرز تلقیها و میزان درک
و احساسات دانش آموزان خود هماهنگی
برقرار کنیم؟ چگونه محیط کلاس درس در
آموزش شیمی اثر می گذارد؟ چگونه
می توانیم دانش آموزان را به جستجوی
عمیق تری در شیمی برانگیزیم؟ چه نوع
برنامه هایی در دسترس ما قرار دارد تا به
کمک آنها بتوانیم معلمان بهتری باشیم؟ اینها
برخی از پرسشهای مهمی بودند که در این
سری از مقاله ها مورد بحث قرار گرفتند
(مرجعهای ۲، ۳، ۶، ۱۰، ۱۲، ۱۵ و ۱۰۰).

دانش آموزان دیبرستانی، در مورد
آنچه که ضمن سوختن يك قطعه کاغذ روی
می دهد، چه می اندیشند؟ کاچاپوتس؟
(Cachapuz) گزارش داد که تصور
نادرست عامه، این اندیشه است که انرژی
فعالسازی، بخشی از انرژی سیستم می شود
و انرژی زمانی آزاد می شود که پیوندها
گسسته شوند و زمانی جذب می شود که
پیوندها برقرار شوند. شعله ای که به هنگام
سوختن کاغذ مشاهده می شود، از کبریت
مشعل به کاغذ منتقل می شود. توصیه هایی
که برای دوری جستن از چنین تصویرهای

یکی از موارد اساسی مورد علاقه
معلمان، یافتن راههای بهتری برای کمک به
دانش آموزان در درک شیمی است. در
دهمین نشست BCCE، تقریباً ۳۰ درصد
مقاله ها و سخنرانیها به آموزش تکنیکها و
محتوای درسی اختصاص داشت. در بسیاری
از سخنرانیها، شیوه های غیر سنتی و یا
کوششهایی که شیمی را در دسترس
خواستاران روشهای غیر سنتی آن قرار

نادرست می‌توان کرد، عبارت اند از: بیان دقیق مطالب، دوری جستن از مدلهای بسیار ساده، توسعه يك دوره تحصیلی که هدفهای آن بر روی درك مفهومی نقش انرژی در فرایندهای شیمیایی، متمرکز باشد.

به دانش آموزانی که مهارت کافی در حل مسایل و توانایی کافی را در تنظیم وقت خورد ندارند، چه کمکی می‌توانیم بکنیم؟ بارنس^۲ (Barnez) مجموعه‌ای از برنامه‌های کامپیوتری را وصف کرده که برای کمک به دانش آموزان در زمینه چنین مسایلی طرح ریزی شد. يك برنامه، موضوعهای تستی را بر حسب مفاهیم مربوط دسته‌بندی می‌کند. زمانی که برگه‌های صحیح شده آزمون به دانش آموزان برگردانیده می‌شود، هر پرسشی با يك لیست تحلیلی از تمام مفاهیم مربوط همراه است و چگونگی درك و تسلط بر آن مفاهیم را مورد توجه قرار می‌دهد. حتی دانش آموزان برجسته، می‌توانند

از کلاسهای حل مسایل استفاده کنند. شیلک^۴ (Schilk) يك درس آزمایشگاهی در سطح بالاتر از وصف کرده که به دانش آموزان کمک می‌کند تا از يك مرحله آشنایی شیمی به مرحله‌ای برسند که بتوانند خود روش پژوهش در يك مسئله را طرح ریزی کنند.

عادت و طرز برخورد دانش آموزان با مسایل شیمی تعیین کننده روشهایی است که برای يك دانش آموز پسر یا دختر برای حضور در کلاس و یادگیری قابل قبول است، حتی اگر آن روشهای انتخاب شده، امکاناً به درك واقعی منتهی نشوند. کارتر^۵ (Carter) معتقد بود که برداشت بسیاری

از دانش آموزان این است که شیمی زمینه‌ای از ذهنیات ویژه است. آنها به جای اینکه کوشش در جمع‌بندی نظرها و ارتباط دادن مفاهیم به یکدیگر داشته باشند، بر حفظ کردن بدون اندیشیدن و کاربرد قواعد تکیه دارند.

این دانش آموزان را باید قانع کرد که آموختن و احاطه یافتن قواعدی که بدون چراجویی، شیمی را برای آنها مطرح کند، کافی نیست. بیشتر معلمان روشهایی را نوآوری می‌کنند که همکاری متقابل و فرایندهای گروهی را در بر دارد. متس^۶ (Metz) گزارش داد که دانش آموزانی که به روش گروهی کار می‌کنند، طی سه مرحله پیشرفت حاصل می‌کنند. آنان در آغاز، بر اثر مشاوره تردید می‌ورزند. اما به تدریج که با این درس آشنا تر می‌شوند، پرسش را آغاز می‌کنند و به پاسخ دادن پرسشها تمایل نشان می‌دهند، حتی در مواردی که اطمینان ندارند پاسخ آنها درست باشد. به مرور که اعتماد آنها بیشتر می‌شود، کاملاً به صورت عضو همکار گروه در می‌آیند و با تمایل زیاد در بحثهایی که بین دو یا چند گروه در می‌گیرد، شرکت می‌کنند. روشهای همکاری متقابل بین گروهها، در صورتی ثمر بخش خواهد بود که معلم از نظر روانشناسی، محیط سالمی به وجود آورد.

بسیاری از معلمان پیگیر این تلاش‌اند تا به وسیله‌ای رضایت بخش دست یابند که شیمی توصیفی را در درسهای خود بگنجانند. ویلکینس^۷ (Wilkins) در مورد يك سری از یادداشتهای یکبرگی گزارش داد که به طرز ویژه‌ای برای درس شیمی عمومی، تهیه کرده بود. وی بر اهمیت قطع و محدود کردن طول کاغذ تکیه داشت. کار^۸

(Carr) يك واکنش متداول را وصف کرد. پس از آنکه انجام يك واکنش در کلاس نشان داده شد، معادله آن بر روی تخته نوشته و موازنه شد. دانش آموزان از نظر توانایی در دسته‌بندی واکنشها (واکنشهای اسید و باز) اکسایش - کاهش و غیره) و پیشگویی محصولات این واکنشها مورد ارزیابی قرار گرفتند. ترپتو^۹ (Treptow)، مسابقه با عنصرها را وصف کرد که نوعی بازی سمعی و بصری است و در آن دانش آموزان دوره قبل از کالج، در شناختن عنصرها با استفاده از اسلایدها و راهنمای ناطق با یکدیگر رقابت می‌کنند. مدلها می‌توانند ابزار آموزشی موثری باشند. باسو^{۱۰} (Basso) نشان داد که مدلهایی را که در اندازه‌های گوناگون از مواد پلاستیکی درست شده‌اند، می‌توان برای مطالعه شبکه‌های بلوری و پیشگویی خواص مواد بلوری به کار برد. استن^{۱۱} (stone) يك روش ارزان برای درست کردن مدل‌های جامدات منظم را نشان داد. وی جعبه‌های محتوی تعداد معینی از میله‌های نی و گیره‌های کاغذ را بین دانش آموزان تقسیم کرد. آنان به سر هم کردن آنها و درست کردن جامدها پرداختند.

تانبام^{۱۲} (Tannenbaum) استفاده از اسباب بازیهای ارزان را به منزله مدل‌هایی برای آموزش اصول شیمی و ایجاد انگیزه در دانش آموزان شرح داد. خود معلمان می‌توانند از آموزشی که از طریق تماس با صنایع و روشهای تحقیق جدید حاصل می‌آید، بهره گیرند. گاردنر^{۱۳} (Gardner) در مورد برنامه‌ای که به ابتکار صنایع در ناحیه خلیج سان فرانسیسکو برنامه‌ریزی شد، گزارشی داد. معلمان دبیرستانها به مدت دو هفته در تابستان به مشاغل صنعتی گمارده شدند. این معلمان، بر روی پروژه‌های مهمی، زیر نظر مربیان

برگزیده از طرف کمپانیها، کار می کردند. فایده‌های این کار برای معلمان عبارت بود از: پیشرفت دانش علمی آنها، درک چگونگی پیدایش علوم صنعتی و همچنین درک هرچه بیشتر مهارت‌هایی که دانش‌آموزان آنها باید کسب کنند در صورتی که بخواهند دانشمندان بارآوری باشند.

سومرز^{۱۴} (Somers) از تجربه خویش به عنوان یک مربی پژوهشی در یک بازآموزی معلمان دبیرستان گزارش داد: نه تنها تجارب شخصی و شفلی وی در این دوره افزایش یافت، بلکه بر میزان صلاحیت و اعتبار وی در کلاس درس نیز افزوده شد. گرین^{۱۵} (Green) یک برنامه بازآموزی را که در سطح فدرال و در خورد اطلاعات و تجربه دبیران اجرا شد، شرح داد که در آن دبیران فرصت یافتند تا بر تجارب خود بیفزایند و با روشهای جدید آنالیز دستگامی آشنا شوند. از محل عطا یا، سرمایه لازم برای تاسیس یک کتابخانه سمعی و بصری که وسایل آن امانت داده شود و خرید تجهیزات مدارس تربیت معلم فراهم شد.

شیمی دبیرستان

آیا محتوای درسهای ما در دبیرستان با نیازهای دانش‌آموزان، مطابقت دارد؟ آیا روشهای آموزشی جاری ما، مهارت‌هایی را که آنان در آینده نیاز دارند بر آورده می‌کند؟ این موضوعها در سه سری از مقاله‌ها و سخنرانیها، تحت عنوانهای زیر مورد بحث قرار گرفت:

در شیمی دبیرستان چه باید آموخته شود؟ یک سمپوزیوم، شیمی در جامعه، دور نماها و امکانات (مرجمهای ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ...)، نگرشهای دیگری بر تدریس در دبیرستانها. شراذر^{۱۶} (Schrader) پیشنهاد کرد که باید به دانش‌آموزان خود بیاموزیم که

در سطحهای تجزیه و تحلیل، خلاقیت و داوری در باره اطلاعات خود و بالاتر از همه، ارزیابی منطقی نتایج، بیان‌پسند تا اینکه بدین طریق بتوانند شرکت موثری در تصمیم‌گیری برای ارائه طرحهای خود داشته باشند. با توجه به اینکه محتوای یک درس با احتمال زیاد به متن وابسته است، وی پیشنهاد کرد که بیشتر کتابهای درسی باید متفکرانه و پیراستاری شود. یک کتاب مفصل که موضوعهای گوناگونی را در بر دارد، احتمالاً مورد پسند دانش‌آموزان است و آنان را به کار هرچه بیشتر وادار می‌کند. زومدال^{۱۷} (Zumdahl) با کم کردن تعداد موضوعهای درسی، به عنوان قدمی در جهت درست، موافق و مدعی بود که در دبیرستان درس نباید صرفاً مانند درس در کالج عمقی باشد. درس در دوره دبیرستان باید نگرشی بر «آموزش کلی» و

تکیه عمدتاً بر این باشد که علم چیست و شیمی چگونه با نظامهای دیگر و زندگی دانش‌آموزان ارتباط دارد. هدف عمده درس باید ایجاد انگیزه در زمینه شیمی باشد. «شیمی در جامعه»، برنامه‌ای است که برای رسیدن به این هدف اختصاص دارد.

هاریسون^{۱۸} (Harisson) هدفهای عمده این برنامه را چنین بر شمرد:

(۱) تعداد بیشتری از دانش‌آموزان دبیرستانها به شیمی گرایش پیدا کنند.

(۲) تجربه‌های دانش‌آموزان در شیمی، تجربه‌هایی با ارزش تلقی شود.

(۳) دانش‌آموزان را طوری بار آورد که با نقش بیشتری در فعالیتهای جامعه‌ای که خود عضوی از آن‌اند، شرکت داشته باشند. هایکینن^{۱۹} (Heikkinen)، مشاهدات خود را چنین بیان داشت که از

زمانی که طرحهای «مطالعه مواد آموزش شیمی» و «نگرش پیوند شیمیایی» در اوایل دهه ۶۰ در شیمی معمول شد، شیمی در جامعه اولین تغییر اصلی را در برنامه‌های درسی دبیرستانها وارد کرد. اباتکس^{۲۰} (Eubanks) برخی از برنامه‌ها را وصف کرد که برای کمک به معلمانی که با برنامه «شیمی در جامعه» برای مراکز آموزشی پر جمعیت، مانوس‌اند توسعه می‌یابند. ویر^{۲۱} (Ware) چنین بیان داشت که «شیمی در جامعه» جزیی از ابتکاری است که شیمی را در دسترس همه دانش‌آموزان قرار می‌دهد. وی برخی از طرحهای ACS را برای سهولت دستیابی بدین هدف، شرح داد.

طرح «شیمی در جامعه»، تنها شق خط مشی‌های آموزش دبیرستانی نبود که در این کنفرانس مورد بحث قرار گرفت. گرلاخ^{۲۲} (Gerlach) درسی را برای دانش‌آموزان متوسط و زیر متوسط با یک گرایش آزمایشگاهی قوی وصف کرد. تاکید زیادی وی بر شیمی کار بردی (پلاستیکها، چوب، رنگها، اقیانوس) نسبت به کار مرسوم در در کلاس، انگیزه خیلی بیشتری برای دانش‌آموزان داشت. والش^{۲۳} (Walsh) یک واحد آموزشی در زمینه مایعات و جامدات را وصف کرد که دانش‌آموزان، خود می‌آموختند و نقش معلم فقط آسان کردن یادگیری بود. وی گزارش داد که در این روش، دانش‌آموزان بیشتر از آنچه که با روشهای سنتی آموزش می‌دیدند، یاد می‌گیرند.

شرکت کنندگان در هر يك از دو دوره نه تنها دانش شیمی خود را افزونی می بخشند، بلکه اعتماد به نفس پیدا کرده و اشتیاق بیشتری به شرکت در طرحهای جدید مانند مشارکت در دایر کردن باشگاهها و نمایشگاههای علمی از خود نشان دادند.

ماتسون^{۲۹} (Mattson) در شماره اختصاص يك روز بنام «روزشیمی» برای بالا بردن علاقه به شیمی بین دانش آموزان دبیرستان را گزارش داد.

جنبه های رقابت آمیز، شامل يك امتحان

کوتاه شانس، ارزیابی مهارتهای آزمایشگاهی در جستجوی يك گنجینه شیمی پنهان شده بود. اسکات^{۳۰} (Scott) کارهای دستساخت آزمایشگاهی توسط دانش آموزان دختر يك استان روستایی در تنسی را وصف کرد. افراد این جامعه تهی دست اند و دختران به ویژه امکانات کمی برای بهبود وضع اقتصادی خود دارند.

امید می رود که این برنامه تعداد بیشتری از دانش آموزان دختر را تشویق کند تا در جستجوی علم و رشته های شیمی پیگیری باشند. راههای جالب و رضایت بخش بسیاری برای کمک و بالا بردن توانایی معلمان در سطح مدارس ابتدایی وجود دارد این برنامه نه تنها کنجکاو دانشجویان را در مورد علم در زمانی که آرزوها برای زندگی در آنها در حال رشد است افزایش می دهد، بلکه در زمینه های حرفه ای شدن، قدرت رهبری، دانش عمومی و احترام قابل شدن برای معلمان، توان آنها را شدت می بخشد.

شرمن^{۳۱} (Sherman) يك سری از عملیات کارگاهی برای معلمان و دانش آموزان سالهای ۵ تا ۸ را شرح داد. وی به معلمان کمک کرد تا بتوانند جعبه وسایل کمک آموزشی مورد نیاز در کلاس درس را از مواد ارزان و در دسترس تهیه کنند.

تصویری از هر مسئله ای که می باید حل شود را رسم کنند.

دست بالا کردن و کسی را آموزش دادن

بر معلمان سطوح ابتدایی، متوسطه و کالج لازم است که دست بالا کنند و در بهبود کیفیت آموزش علم، به یکدیگر کمک کنند. در این سخنرانیها (۲۱۸، ۲۲۰، ۲۲۲، ۲۲۶، ۳۰۰، ۳۰۱، ۳۰۳، ۳۰۸) برخی از برنامه هایی را که برای ترویج ارتباط کاری بین معلمان در تمام سطوحها طرح ریزی شد، وصف شد. اورنا^{۳۲} (Orna) پیشرفت برنامه ریزی شده «مأخذ شیمیایی» را وصف کرد که مجموعه ای از مواد کمک آموزشی بسه صورت نوشته، کامپیوتری شده و نوار ویدئویی است و در دسترس معلمان شیمی ناآزموده و تازه کار قرار می گیرد. این مواد کمک آموزشی توسط تیمهایی از معلمان دبیرستان و کالج تهیه می شود.

آنتیون^{۳۳} (Antion) يك دوره چهار هفته ای عملیات کارگاهی در تابستان برای معلمان دبیرستان وصف کرد. این معلمان که مبلغ ۱۰۰۰ دلار مقرری دریافت داشته و ۶ واحد درسی انتخاب می کنند، موضوعهای گوناگونی را بررسی می کنند و سپس آنها را به دانش آموزان دبیرستانی آموزش می دهند. بدن باو^{۳۴}

(Bedenbaugh) يك عملیات کارگاهی را در تابستان و روزه های شنبه برای معلمان دبیرستان وصف کرد که هر دوره را تیمی از يك معلم کارآزموده دبیرستانی و يك معلم کالج راهبری می کردند. همچنین وی به این نکته اشاره کرد که

حل موثر مسئله

صرف نظر از روش آموزش یا فلسفه درس، دانش آموزان در سطح دبیرستان و بالاتر به کسب مهارتهایی برای حل کردن مسئله نیاز دارند. دريك سری از مقاله ها برخی از مشکلاتی که دانش آموزان در حل مسئله با آنها دست به گریبان اند، مشخص شدند و راههایی که معلمان بتوانند به دانش آموزان در غایب بر این مشکلات فائق آیند، پیشنهاد شد.

فراک^{۳۴} (Frank) پیشنهاد کرد که خط مشیهای آموزشی ابداعی، نباید تفاوت زیادی داشته باشند تا اینکه بتوانیم به اندیشه های از پیش تصور شده دانش آموزان در باره مسایل، بطور موثر پیر دازیم. وی برخی از این عقیده ها را بر شمرد و برای کمک به دانش آموزان برای بسط نگرشهای نمر بخش تر در حل مسئله، راههایی را پیشنهاد کرد.

کاردوللا^{۳۵} (Cardulla) ادعا کرد که وابسته بودن به نگرش طبقه بندی فاکتورها، در حل کردن مسئله، کمکی به دانش آموزان در فهمیدن شیمی نمی کند. ما باید به دانش آموزان، در رشد دادن مهارتهای آنها در استدلال کردن کمک کنیم. باید به آنها در آشنا شدن با واحدهای جدید و نا آشنا، یاری دهیم. این واحدها باید از موضوعاتی که برای عملیات جبری لازم است، بیشتر باشد. دانش آموزان باید جررها و حجمها را ببیند و لمس کنند. برای درك واقعیت سیستمهای شیمیایی، آنها باید

شیمی برای بچه‌ها و (بزرگسالان)

طرفداران این عقیده که آموزش مؤثر برنامه‌های علم، باید از سطح مدارس ابتدایی آغاز شود، روز به روز، بیشتر می‌شود. معلمان در یافتند که روشهای آموزشی ویژه خردسالان می‌تواند برای دانش‌آموزان سطحهای پیشرفته‌تر و حتی برای بزرگسالان نیز کاملاً مؤثر باشد. با کمی تخیل، امکان طرح فعالیتهای تهیه وسایل دستساخت از مواد مصرفی ارزان به وجود می‌آید. این فعالیتها علاوه و اشتیاق شرکت کنندگان از هر طبقه سنی را برمی‌انگیزد. این مسئله، موضوع اصلی بحث جلسات درباره «شیمی برای بچه‌ها (و بزرگسالان)» بود (۲۸، ۲۹، ۳۸۳، ۳۸۵) در دو سخنرانی اول، بچه‌ها در صف جلوی مشاهده کنندگان قرار داشتند در صورتی که افراد بزرگسال هم کارهای نمایشی و هم تاثیرات متقابل بین بچه‌ها و گوینده‌ها را مشاهده می‌کردند، در کاری که یورگنس^{۲۲} (Jurgens) عرضه کرد و تیزر مناسب آن «جوشیدن داغ - یخ زدن سرد» بود. حاضرین جوشیدن در 196°C - و یخ زدن در 1000°C را مشاهده کردند. بچه‌ها فعالانه سرگرم خواندن داده‌ها، پیشگویی، حس کردن و پرسیدن بودند.

استرایتبرگر^{۲۳} (Streitberger) يك برنامه درسی را وصف کرد که در آن دانشجویان حدود ۲۰۰ ساعت در هفته آموزش علمی در سطح کلاس ششم می‌گیرند. این برنامه درسی کامل است. در این دوره، دانش‌آموزان، علوم را در کلاس قرائت زبان و تاریخ می‌خوانند. معلم علوم به عنوان فرد مطلع عمل می‌کند و نقش مدل را برای معلمان دیگر دارد. سه نمونه از جالب توجه‌ترین عملیات کارگاهی، در يك زمینه فعالیت انجام شد. در

اولین عملیات کارگاهی که مربوط به کانس^{۲۴} (Katz) درباره «شیمی در مغازه اسباب بازی فروشی» بود، بچه‌های بین سنین ۵ تا ۱۸ سال دنیایی از پوایمرها، لاستیک، گل، پولی اورتان را واری کردند. در دومین عملیات کارگاهی، بزرگسالان با همان مواد کار کردند. هر چند که شرکت کنندگان ادعا می‌کردند که انگیزه‌هایی برای حضور در کارگاه را دارند، اما به نظر می‌رسید که آنها بیشتر از بچه‌ها، مسأله را به شوخی گرفته بودند. در اولین قسمت از «فعالیتهای علوم شگفت آور»؛ بنلو^{۲۵} (Benlow) در مورد طرح والدین و بچه‌ها برای علوم ترسناک، بحث کرد. در قسمت دوم، بچه‌ها و والدین دست به کار ساختن وسایل دستساخت از روی مجله علوم شگفت آور شدند. چون ایالت ایندیانا یکی از بزرگترین ایالت‌های تولیدکننده ذرت و ارویل ردن بیکر (Orville Redenbacher)، سلطان ذرت، یکی از دانشجویان دوره دکترای دانشگاه پردیو است، از این رو مناسب داشت که این کنفرانس، جلسه‌ای درباره آموزش شیمی با ذرت داشته باشد. البته ذرت موضوع مناسبی برای بررسیهای جدی در زمینه شیمی است. اما از آن می‌توان در بررسی اصول شیمیایی نیز حتی در سطح پیشرفته مانند شیمی فیزیک استفاده کرد. مارک^{۲۶} (Marek) آزمایشی را برای توجیه توزیع آماری وصف کرد. ذرت را در کلاس بو دادند. تعداد دانه‌های ذرت که در فاصله هر ۱۵ دقیقه بو داده می‌شد را یادداشت کردند. رسم نمودار تغییرات آن نیست به زمان، به دانش‌آموزان کمک کرد تا مفهوم توزیع بولسمان را درک کنند.

تفاوت زمینه‌های فرهنگی و محیطی دانش‌آموزان

زمینه‌های فرهنگی و محیطی، برای برخی از گروه‌های دانش‌آموزان در شیمی مسایل ویژه را به وجود می‌آورد. این گروه از سخنرانها بر روی مسایلی که دانش‌آموزان دختر، اقلیت و روستایی در درس علوم با آنها مواجه‌اند، تمرکز داشت. سیپاریک^{۲۷} (Ciparick) نقشهایی را که زمینه‌های فرهنگی دانش‌آموزان، اسپانیولی و سیاهپوست در تعیین موفقیت آنها در دروس علوم دارد، مورد بحث قرار داد. برای اینکه معلم علوم خوبی باشیم، باید از زمینه‌های تاریخی و فرهنگی دانش‌آموزان خود آگاهی داشته و با آن سازگاری حاصل کنیم. هیلدر براند^{۲۸} (Hilderbrand) يك برنامه تنظیم شده در سطح فدرال را مورد بحث قرار داد که يك شبکه کامپیوتری را بین ۲۲ دبیرستان و به بخشهای زیست‌شناسی، شیمی و فیزیک دانشگاه ایالت داکوتای جنوبی به وجود آورد. این خطه‌های ارتباطی بین جدید، به از میان برداشتن جدایی بین دانش‌آموزان، معلمان و مدیران مدارس - روستایی کمک کرد.

درسهای سطح بالاتر

آموزش شیمی فیزیک دارای اهمیت حیاتی است. زیرا، زیر بنای نظری شاخه‌های دیگر علوم را تشکیل می‌دهد.

۳ آنها در وضعیتی قرار دارند که درسی

را به صورت واحد اصلی نیاز دارند. فقط ۷۳ درصد بخشهایی که از آنها گزارش تهیه شد، آزمایشگاه درس شیمی غیر آلی نیز جزئی از برنامه درسی آنها بود. البته پیشرفتهایی نیز در این زمینه حاصل شد.

وسلبرگ^{۴۲} (Wulsberg) مؤلف یک کتاب برای درس شیمی معدنی سال دوم، روشی را که وی برای مواد دررهای توصیفی تنظیم کرد، شرح داد. نگرش وی مشابه شیمی آلی است که بر روی ویژگیهای هر طبقه از ترکیبات تأکید می شود، در صورتی بر روی خواص گروهی تأکیدی صورت نمی گیرد. اصول شیمی را غالباً می توان از بررسی همین طبقه های متفاوت ترکیبات به دست آورد.

زیپ^{۴۳} (Zipp) اخیراً یک درس توصیفی در موسسه آموزش خودش و یک درس نظری را در دوره های مأموریت مطالعاتی تدریس کرد. تجربه وی، موجب شده که بر شیمی توصیفی، تکیه بیشتری داشته باشد، دانشجویان نیاز دارند که هنگام نوشتن معادله های شیمیایی موازنه شده، در پیشگویی محصولات واکنشهای شیمیایی توانایی پیدا کنند.

اما چگونه می توانیم دانشجویان خود را به آموختن شیمی وادار کنیم؟ کاتس^{۴۵} (Kotz) مجموعه ای از خواص زیربنایی و ارتباط تناوبی عناصر را شرح داد که دانشجویان برای تشریح انواع ارتباطهای خواص عناصر با عدد اتمی آنها، می توانند آن را تنظیم کنند. بریک^{۴۶} (Brik) یک برنامه همکاری را شرح داد که در آن از قواعد فعالیت و حلالیت، برای پیشگویی محصولات ممکن از واکنشها، استفاده می شود.

آموختن «ترمودینامیک بدون ترس» را مورد بحث قرار داد. استفاده از کامپیوتر برای انجام محاسبات و رسم نمودارها، به دانش آموزان امکان خواهد داد که توجه خود را بیشتر بر مفاهیم متمرکز کنند و کمتر به محاسبات عددی بپردازند. این موجب می شود که کار با داده های تجربی واقعی آسانتر شود. وی بر اهمیت نقش کامپیوتر در توجیه مفاهیم مهم تأکید داشت.

مگیارد^{۴۱} (Magyar) پیشنهاد کرد که در بررسیهای عمیق، استفاده از یک وسیله برای چندین درس موجب یکدست شدن آن درسا در برنامه شیمی خواهد شد. طیف نمایی فلورسورسانس انتخاب خوبی است. زیرا مفهوم ساده ای دارد، از نظر تجربی سراسر است، به تکنیک خوبی نیاز و در تعدادی از درسا کاربرد دارد.

بخش شیمی درگیر این مسئله است که کجا و چگونه شیمی توصیفی غیر آلی را تدریس کند. این مسئله ای است که غالباً در شکاف برنامه درسی می افتد. معلمان شیمی دلیرانه تقلا می کنند تا برنامه مواد درسی را به روش هماهنگی عرضه کنند.

دانشجویان شیمی تلاش می کنند تا بر مجموعه ای از مسائل که نامحدود به نظر می رسد، فائق آیند. در سالهای اخیر ابتکارهای چندی در درس شیمی دانشجویان سال دوم آغاز شده است. تا کنون مدل قابل پذیرش کلی که برای برنامه ریزی درسی مناسب باشد، وجود ندارد. اسکف^{۴۲} (Skafé) گزارشی درباره نظارت بر ابتکارهایی که برای دانشجویان دوره لیسانس صورت گرفته است، ارائه داد. از بین این علوم فقط ۲۷ درصد درس شیمی غیر آلی سال دوم را می گذرانند و فقط

مایه تأسف است که این همه دانش آموزان در برخورد با شیمی فیزیک، با احساسی از ترس و بی میلی روبرو می شوند. دوسری از سخنرانیهها، یعنی شیمی دنیای واقعی و مقالات عمومی در فیزیک، به روشهایی پرداختند که این مسئله را برای دانش آموزان دلپسندتر و قابل لمس تر کند.

گروسبای^{۳۹} (Grosby) با بحثهای خود چنین نتیجه گیری کرد که معلمان شیمی - فیزیک باید:

۱) برینش شیمی فیزیکی تأکید بیشتر و بر جنبه های ریاضیات محض تأکید کمتری داشته باشند.

۲) محتوای درس را از طریق توجیه مفید بودن و اهمیت آن در دنیای واقعی مورد تأیید قرار دهند.

۳) بین آنچه که دانش آموزان در درسهای ریاضی خود می آموزند و آنچه که آنها برای شیمی فیزیک نیاز دارند، پای برقرار کنند.

۴) دانش آموزان را هم از نظر درک مفهومی و هم از نظر توانایی در حل مسائل، مورد ارزیابی قرار دهند.

۵) به دانش آموزان کمک کنند تا توانایی آنها، هم به روش استدلالی و هم در استدلال به روش قیاسی و تکیه بر اهمیت ترین نکات، افزایش یابد.

۶) با کاهش دادن تعداد موضوعات درسی، از وارد کردن فشار بر دانش آموزان جلوگیری کنند.

کینسی^{۴۰} (Kinsey) درباره چندین راه کمک کردن به دانش آموزان در

بقیه در صفحه ۶۶

تجمع یونی - حلالیتها و پتانسیلهای کاهش در محلول آبی

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

دکتر حسین آقایی
دانشیار دانشگاه تربیت معلم

الکتروستاتیکی در آنها تا حدود زیادی رفتار غیر ایده آل دارند. موضوع غیر ایده آل بودن رفتار محلولهای الکترولیت، به طور موفقیت آمیزی در نظریه دبی - هوکل^۱ ضمن استفاده از مفهوم فعالیت یونی، مورد مطالعه قرار گرفته است. این نظریه به دلیل دارا بودن ظرافت و سادگی خاص، در سطح گسترده ای برای محاسبه ضرائب فعالیت مقبولیت یافته است. بررسی چندی از بسیاری از کتابهایی که در سطح دوره لیسانس قرار دارند، نشان خواهد داد که مسأله الکترولیتها در بسیاری از مباحث شیمی فیزیکی، تجزیه ای و حتی در متون شیمی عمومی مورد بحث و گفتگو واقع شده است.

هر چند که در مطالعه محلولهای الکترولیت در سطح بسیار گسترده ای پیرامون فعالیتهای یونی بحث می شود، اما متأسفانه درباره مفهوم تجمع یونی^۲ در محلول آبی کمتر توجه می شود و اغلب به آن بهای چندانی داده نمی شود و معمولاً آن را نادیده می گیرند. حتی در کتابهای درسی شیمی فیزیک نیز ما شاهد از قلم افتادن آن هستیم. اندیشه یک چنین برخوردی از

بررسی شیمیایی محلولهای آبی معمولاً بخش قابل توجهی از تدریس شیمی را شامل نمی شود. دلیل اصلی این نکته یقیناً آسان بودن مطالعه تجربی واکنشهای معدنی و پدیده های شیمی فیزیکی از قبیل واکنشهای تجزیه ای محلولهای الکترولیت در محیطهای آبی است. علاوه بر آن در سالهای اخیر نقش بیولوژیکی آب نیز به طور فزاینده ای مورد توجه قرار گرفته و این امر خود موجب شده است که پیوند الکترولیتها با دروسی از شیمی که در برنامه آموزشی رشته های بهداشت و زیست شیمی برای دانشجویان گنجانده می شود، روز به روز بهتر و استوارتر شود.

به طور معمول، هنگام بررسی محلولهای آبی با دشواریهای معینی روبرو می شویم. نخست این که آب مایع ساختار مولکولی پیچیده و خواص فیزیک و شیمیایی غیر عادی دارد که این خود تجزیه و تحایل پدیده هایی را که سروکار با ساختار مولکولی دارند، سخت دشوار و پیچیده می نماید. دوم اینکه محلولهای الکترولیت به دلیل وجود برهمکنشهای

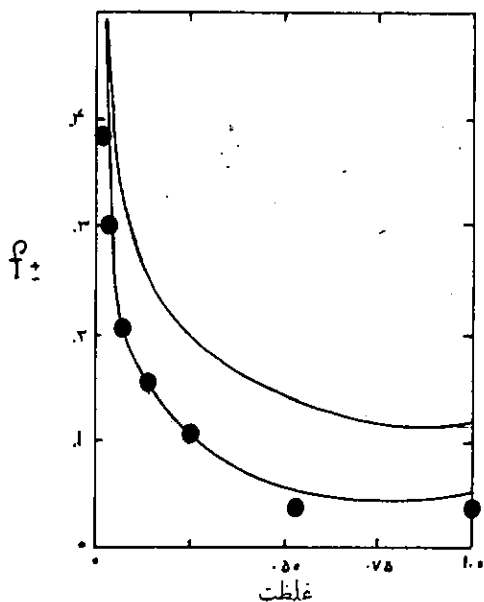
اینجا پدید آمده است که چون آب ثابت دی الکتریک بالایی دارد و در نتیجه توانایی آن در جدا کردن یونها از هم بسیار بالا است، لذا می شود نتیجه گرفت کسه جفت شدن یونی در محلولهای آبی اهمیت چندانی ندارد و می توان از آن چشم پوشید. اما پیچیدگیهای گسترده مشاهده شده در ثابتهای پایداری فلز - لیگاند و دیگر تعادلهای شیمیایی همراه با تجمع یونی آشکار ساخته اند که چنین دیدگاهی در همه اوضاع و احوال نمی تواند معتبر باشد (۱).

برای روشن ساختن این نقطه نظر از مثالهایی کمک خواهیم گرفت. اینک به عنوان مقدمه یادآور می شویم که قابلیت حل شدنی که برای سولفات کلسیم از راه تجربه در آزمایشگاه به دست می آید با حاصلضرب انحلالی تعیین شده برای آن به نحو آشکاری ناهماهنگ است. هر چند که توضیح آن در مراجع مختلفی بیان شده است (۲، ۳)، اما باز هم این مسأله در منشوش ساختن ذهن معلمان و دانشجویان نقش زیادی دارد (۴، ۵). پتانسیل کاهش زوج آهن (III)، آهن (II) تابع نوع و غلظت اسید موجود در محلول بوده و با آن تغییر می کند که در گام نخست معلوم نیست که چرا بایستی چنین باشد (۶). با وجود این در کتابهای درسی شیمی، تمرینهای زیاد در مورد محاسبه قدرت یونی و ضرایب فعالیت بر پایه کامل بودن تفکیک یونی الکترولیتها داده شده است که می توان به جرأت گفت خطای وابسته به این محاسبات ممکن است در حد ۵۰٪ باشد. همان طور که نشان خواهیم داد، علت اساسی این خطاها همان نادیده گرفتن نقش تجمع یونی در محلول الکترولیتها است.

تأثیر متقابل دائمی یون - حلال، ابهام زیاد در تعیین ضرایب فعالیت در محلولهای غلیظ و آب گریزی وسایر تأثیرات وابسته به ساختار مولکولی همگی باعث می شوند که مطالعه و بررسی محلولهای الکترولیت پیچیده تر شود. علیرغم همه این محدودیتها، ما بر آن اعتقادیم که یک راه تلفیق یافته از فعالیت یونی و تجمع یونی از هر راه دیگر بهتر می تواند نگرشی واقعی تر و کمی تر درباره محلولهای الکترولیت در اختیار دانشجویان قرار دهد.

هدف این مقاله همانا گسترش نظریه بالا و به کارگیری آن در دو مرحله به شرح زیر است:
نخست باهماهنگ ساختن اثرات تلفیقی قوت یونی و تجمع یونی نشان خواهیم داد که چگونه می توان محاسبات مربوط به

تعادلهای یونی را به خوبی انجام داد. سپس بر آن پایه، به بررسی متغیر بودن پتانسیل کاهش در دو سیستم اکسایش - کاهش در محیط آبی، یکی زوج Fe^{3+} , Fe^{2+} با پیوند آنیونی و دیگری $Fe(CN)_6^{4-}$, $Fe(CN)_6^{3-}$ با پیوند کاتیونی خواهیم پرداخت. عنوان پتانسیلهای اکسایش - کاهش برای دانشجویان بسیار آشناست و اندازه گیریهای تجربی برای آنها آسان می باشد. علاوه بر آن چون در معادلات به کار رفته برای محاسبه پتانسیلهای کاهش از نسبت فعالیتها استفاده می شود، لذا این امر به نوبه خود کمک خواهد کرد تا خطاهای ناشی از خلاصه کردنهای گوناگون تا حدودی کاهش پیدا کند.

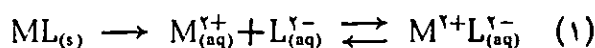


شکل ۱ - تغییر ضریب فعالیت متوسط یونی با غلظت (mol/l) برای یک الکترولیت نمونه ۲:۲ در آب در $25^{\circ}C$. در منحنی بالایی، γ_{\pm} از روی معادله ۵ و با فرض کامل بودن تفکیک یونی محاسبه شده است. در منحنی پایینی، γ_{\pm} از روی معادله ۵ و با در نظر گرفتن تجمع یونی محاسبه شده است. $K^{\circ} = 200$ نقاط تجربی مربوط به سولفات روی نیز در شکل نشان داده شده اند.

تجمع یونی

از دیدگاه الکتروستاتیکی، رفتار غیر ایده آل محلولهای الکترولیت ممکن است قسمتی بر اثر عوامل فیزیکی و قسمتی بر اثر عوامل شیمیایی باشد. در نظریه دبای - هوکل که تفکیک یونی الکترولیتها را در محلول کامل می انگارد، انحراف از حالت ایده آل را به نیروهای فیزیکی دور برد نظیر ربایش بین یونی

نسبت می‌دهند. این ربایش بر حسب ضریب فعالیت مسورد ارزیابی واقع شده و نتیجه آن در مسورد الکترولیتهای قوی ۱:۱ در محلولهای بسیار رقیق آبی بسیار رضایتبخش است. لیکن تعیین تجربی ضرائب فعالیت سایر الکترولیتها و حتی تعیین ضرائب فعالیت الکترولیتهای ۱:۱ در محلولهای غلیظتر با انحرافهای فزاینده‌ای نسبت به مقادیر نظری آنها روبرو می‌شود. این انحرافها را به يك عامل شیمیایی بدین نحو نسبت می‌دهند که اصطلاحاً می‌گویند برهم کنشهای کسوتاه برد الکتروستاتیکی به تجمع یونی که جنبه شیمیایی دارد، می‌انجامد. در واقع انحراف از حالت ایده‌آل زاییده تلفیق اثرات يك عامل فیزیکی (ضرائب فعالیتها) و يك عامل شیمیایی (جفت شدن یونی) است. این عامل اخیر همانند يك تعادل شیمیایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنا بر این هنگامی که يك الکترولیت متقارن، نظیر يك نمک ۲:۲، در آب حل می‌شود کاتیون فلزی M^{2+} و آنیون (لیگاند) L^{-} با زوج یونی $M^{2+}L^{-}$ در حال تعادل شیمیایی خواهد بود.



در شکل ۱ لزوم در نظر گرفتن تجمع یونی با ذکر يك مثال نشان داده شده است. منحنی بالای تغییرات ضریب فعالیت متوسط γ_{\pm} را در مورد يك الکترولیت ۲:۲ نمونه تا غلظت يك مول بر لیتر بر پایه محاسبه از روی نظریه دبای - هوکل بدون در نظر گرفتن تجمع یونی نشان می‌دهد (از تفاوت میان مولالیت و مولاریته صرف نظر شده است). منحنی پایینی تغییرات مشابهی را ضمن در نظر گرفتن تعادل شیمیایی بیان شده در معادله ۱ می‌رساند. در شکل ۱ ضرائب فعالیت متوسط $ZnSO_4$ که از راه تجربی تعیین شده است (دایره‌های توپر) نیز جمع‌آوری شده است (۷). همانطور که از شکل پیدا است، نظریه دبای - هوکل به تنهایی نمی‌تواند، دست کم ضرائب فعالیت متوسط الکترولیتهای ۲:۲ نظیر سولفات روی را پیشگویی کند، اما هنگامی که آن با يك تعادل شیمیایی (تجمع یونی) همراه و هماهنگ شود نتایجی می‌دهد که با داده‌های تجربی سازگاری زیادی دارد. در واقع این سازگاری برای مثال مورد اشاره حتی در غلظتهای بیش از يك مول بر لیتر نیز رضایتبخش است.

(تمايل یونها برای تجمع و تشکیل زوجهای یونی تابع چگونگی برقراری توازن میان نیروهای الکتروستاتیک و جنبشهای گرمایی است. در این ارتباط، باریونها، غلظت، دما

و ثابت دی‌الکتريك محیط از جمله عوامل تعیین کننده به حساب می‌آیند. حلالپوشی شدید و ثابت دی‌الکتريك بالا، نظیر آنچه را که در مورد آب درست است، کم می‌کنند که تفکیک یونی انجام پذیرد. برعکس، حلالپوشی ضعیف و ثابت دی‌الکتريك پایین نظیر آنچه را که در مورد اکثر حلالهای غیر آبی در کار می‌باشد، تجمع یونی را تداوم می‌بخشد البته عوامل دیگر نیز به سهم خود در تفکیک یا تجمع یونی تأثیر دارند. برای مثال، بالا بودن بار یون و همینطور غلظت زیاد به تجمع یونی بیشتر کمک می‌کند. زوجهای یونی در نگهداشت قسمت سوم ساختار پروتئینها و آنزیمها نقش بسیار اساسی دارا هستند (در این حالت به آنها پلهای نمکی گفته می‌شود)؛ و به کمک آن پایدار میلی ۳ حفظ می‌شود، قطبیت مولکولهای بیولوژیکی به منظور آسان شدن عبور آنها از غشاها پایین آورده می‌شود و به طور کلی واکنش پذیری شیمیایی در حلالهای آلی کاهش می‌یابد.

اکنون می‌توان این پرسش را پیش کشید که چه شواهدی در مورد وجود تجمع یونی در کار است؟ از نظر کلاسیکی این شواهد از اندازه‌گیری هدایتهای یونی به دست می‌آیند، اما از روشهای ترمودینامیکی گوناگون به ویژه پتانسیل سنجی و طیف نور سنجی و تازگیها از تکنیکهای ویژه طیف‌نمایی (رامان و NMR) نیز می‌توان شواهد لازم را کسب کرد. از مطالعات سینتیکی مکانیسم واکنشها به دست آمده است که يك زوج یونی ممکن است به صورت:

(۱) زوجی جدا شده توسط حلال باشد.

(۲) یا زوجی مشترك در حلال باشد که به معنای آن است که

حلالپوشی در آن به طور جزئی از بین رفته است.

(۳) یا يك زوج یونی اتصالی باشد که در آن دو یون

توسط هیچ مولکولی از حلال از هم جدا نشده‌اند. علاوه بر

آن، منشأ پیوستن یونها به یکدیگر ممکن است تنها الکتروستاتیکی

نباشد؛ بلکه در مواقعی که هم‌پوشانی اربیتال پیش می‌آید،

یون پیچیده حاصل ممکن است توسط پیوندهای کووالانسی یا

پیوندی که به طور جزئی یونی است نگهداری شود. نکته مهم

در اینجا آن است که تجمع یونی رسماً با اتصال فلز - لیگاند

و همینطور با تشکیل یون - کمپلکس و همچنین با پروتون‌دار

شدن باز - اسید هم‌ارز می‌باشد.

در این بحث فقط به جنبه تعادلی مورد اشاره در معادله (۱)

توجه می‌کنیم، بدون آنکه بخوایم درباره مکانیسم جفت شدن

یونی یا ساختار زوج یونی نظری ابراز نماییم. برای عمومیت بخشیدن به این بحث می توان از نوشتن بارها صرف نظر کرد. ثابت پایداری ترمودینامیکی K° برای تشکیل زوج یونی، مطابق معادله (۲) بر حسب فعالیتها، a ، نوشته می شود:

$$K^\circ = a_{ML} / a_M \cdot a_L \quad (2)$$

ثابت تعادل استوکیومتری نظیر آن به صورت زیر نوشته می شود:

$$K = [ML] / [M][L] = x / c(1-x)^2 \quad (3)$$

گروهها غلظت های مولی تعادلی اجزاء شرکت کننده در تعادل را می رسانند، C غلظت اولیه نمک را نشان می دهد و x درجه تجمع یا کسری از یونها که در زوج شدن یونی شرکت کرده اند می رسانند. فعالیت های یونی از طریق ضرائب فعالیت γ به غلظت های مولی ارتباط می یابند:

$$a_M = [M] \cdot \gamma_M \quad \text{و} \quad a_L = [L] \cdot \gamma_L \quad (4)$$

$$a_{ML} = [ML] \cdot \gamma_{ML}$$

در اینجا فرض می شود که می توان ضرائب فعالیت هریون تکی را از روی معادله توسعه یافته دبای - هوکل به شرح زیر محاسبه کرد، گو اینکه این فرض چندان هم دقیق نیست:

$$\log \gamma_i = -0.510 Z_i^2 \frac{\sqrt{I}}{1 + 0.329 R_i \sqrt{I}} \quad (5)$$

این رابطه در مورد محلول های آبی در دمای $25^\circ C$ به کار می رود و در آن Z_i بار یون مورد نظر را می رساند و I قدرت یونی است، $I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$ ، در ضمن C_i غلظت یون بر حسب مول بر لیتر را نشان می دهد و R_i پارامتر اندازه یون است که بر حسب انگستروم (\AA) در رابطه شرکت می کند. معادله های ۲، ۳ و ۴ ثابت ترمودینامیکی تجمع یونی را به مقدار استوکیومتری آن مرتبط می سازند:

$$K = K^\circ (\gamma_M \cdot \gamma_L / \gamma_{ML}) \quad (6)$$

از رابطه بالا معلوم می شود، با آنکه مقدار K میزان جفت شدن یونی را نشان می دهد، (معادله ۳)، اما مقدار آن تابع قدرت یونی محلول است که این به نوبه خود تابع میزان جفت شدن یونی می باشد. به دلیل همین تأثیر متقابل این دو متغیر برهم می بایستی که محاسبات مربوط به تعادلهای یونی متضمن

استفاده از يك سری تقریب های پی در پی باشد؛ وضعی که برای محاسبات تکراری و پی در پی ایده آل است. مثالهای زیر روش پیشنهادی برای بررسی داده ها را روشن خواهد ساخت.

مثال - $CaSO_4$: در $25^\circ C$ ، قابلیت حل شدن سولفات کلسیم در آب 0.0155 مول در لیتر است، حال آنکه حاصلضرب انحلالی ترمودینامیکی آن K_{sp}° مساوی $10^{-5} \times 2/4$ می باشد. چنانچه تجمع یونی در کار نمی بود، می بایستی قابلیت حل شدن سولفات کلسیم در آب با توجه با حاصلضرب انحلالی آن مساوی 0.0049 مول در لیتر می شد. این تفاوت نشان می دهد که در محلول سیر شده سولفات کلسیم تجمع یونی در کار می باشد. محاسبه نشان می دهد که ثابت تجمع یونی K° سولفات کلسیم در این شرایط 200 می باشد (۱). تعادلهای مورد نظر همانند تعادل داده شده در معادله (۱) است، به جز آنکه در آنها نمک جامد با یونهای حلال پوشیده در محلول سیر شده نیز در حال تعادل می باشند. اکنون مقدار K را از روی معادله ۶ و مقدار x را از روی معادله ۳ به کمک یک ماشین حساب به دست می آوریم. در اولین دور محاسبه می نویسیم:

$$C^\circ = 0.0155 M$$

و با تقریب زیادی $I = 4C^\circ$ و γ_M و γ_L هم از روی معادله ۵ محاسبه خواهند شد. به کمک مقادیر یاد شده به دست می آید:

$$K = 37/8 \quad \text{و} \quad x = 0.293$$

(x درجه یا میزان تشکیل زوج - یونی است). در پی آن، مقدار C را مجدداً حساب می کنیم؛

$$C = C^\circ (1-x)$$

و از آنجا

$$C = 0.0110 M$$

اینک در دور بعدی محاسبه از این مقدار جدید C استفاده می کنیم و به کمک آن يك سری اعداد جدید را به دست می آوریم. از این سری اعداد جدید طبعاً مقدار جدیدتری برای C به دست می آید که آن خود مبنای يك دور بعدی محاسبه خواهد شد. معمولاً تکرار کردن محاسبه را موقعی متوقف می کنند که تغییر x از 0.1% کمتر شود و معمولاً برای رسیدن به يك چنین دقتی تکرار چهار دور محاسبه لازم می باشد. در جدول ۱ اعداد حاصل از چهار دور محاسبه داده شده است.

جدول ۱- میزان زوج شدن یونی در محلول آبی سولفات کلسیم ۰/۰۱۵۵ مولار در ۲۵°C

دور محاسب	[M]	l	γ_M	γ_L	K	X
۱	۰/۰۱۵۵	۰/۰۶۲	۰/۲۵۶	۰/۴۱۲	۲۷/۸	۰/۲۹۳
۲	۰/۰۱۱۰	۰/۰۲۳۸	۰/۲۹۸	۰/۴۶۲	۲۶/۱	۰/۲۶۹
۳	۰/۰۱۱۳	۰/۰۲۵۳	۰/۲۹۲	۰/۴۵۸	۲۵/۳	۰/۲۷۲
۴	۰/۰۱۱۳	۰/۰۲۵۲	۰/۲۹۵	۰/۴۵۸	۲۵/۳	۰/۲۷۲

* [M] = غلظت یونهای آزاد Ca^{2+} یا SO_4^{2-} بر حسب مول بر لیتر در محلول آبی سیر شده سولفات کلسیم.

$I = 4[M]$ = قدرت یونی محلول

γ_L و γ_M به ترتیب ضریب فعالیت کاتیون فلزی ولیکاند را می‌رساند.

پارامترهای اندازه یون عبارتند از: $Ca^{2+} = 6$ و $SO_4^{2-} = 4$ (۱۴).

K ثابت پایداری استوکیومتری زوج یونی را می‌رساند (معادله ۶).
 $x =$ کسر زوج یونی تشکیل شده (معادله ۳).

با چهاربار تکرار محاسبه به دست می‌آید، $x = 27/2\%$

از بررسی نتایج داده شده در جدول ۱ آشکار می‌شود که ۲۷/۲٪ یونها ($0/0042M$) به صورت زوج یونی بوده و بقیه آنها یعنی ۷۲/۸٪ ($0/0113M$) به صورت آزاد هستند که در مجموع همان قابلیت حل شدن کلی نمک یعنی $0/0155M$ را نشان می‌دهند. در صورتیکه محلول کاملاً ایده‌آل می‌بود قابلیت حل شدن با جذر حاصلضرب انحلالی یعنی $0/0049 = \sqrt{2/4 \times 10^{-5}}$ مساوی می‌شد که از یک سوم مقدار واقعی هم کوچکتر است. از طرف دیگر اگر قابلیت حل شدن تجربی یعنی $0/0155M$ را در نظر بگیریم و محلول را هم ایده‌آل فرض کنیم (چیزی که در اکثر کاتبهای درسی مرسوم است) در آن صورت برای حاصلضرب انحلالی نمک مقدار $2/4 \times 10^{-4}$ را به دست می‌آوریم که ده بار از مقدار حقیقی آن بزرگتری است. بدیهی است که یک محلول الکترولیت ایده‌آل نیست و حاصلضرب انحلالی ترمودینامیکی (در قدرت یونی صفر) بایستی به صورت $K_{SP} = a_M \cdot a_L$ در نظر گرفته شود. در مورد مثال بالا با تقریب جزئی به دست می‌آید:

$$K_{SP} = a_{Ca^{2+}} \cdot a_{SO_4^{2-}} \cong (0/0113)^2 \times 0/495 \times 0/458 = 2/9 \times 10^{-5}$$

جواب حاصل با مقدار استاندارد آن توافق کامل دارد. در نوشته‌ها در خصوص قابلیت حل شدن و حاصلضرب انحلالی سولفات کلسیم آشفته‌گیهایی به چشم می‌خورد (۴، ۵)؛ در واقع از مطالعه آنها اطمینان دوباره‌ای حاصل شد که روابطی که توضیح آنها در یک مرجع قدیمی آمده است (۲) و هم اکنون در یک مقاله مروری تازه نیز روشنگری زیادی درباره آنها به عمل آمده است (۳)، متأسفانه باز ملاحظه می‌شود که همان اشتباه در یک اثر بسیار تازه (۵) نیز تکرار شده است. بدین ترتیب که در گام نخست از کروماتوگرافی تعویض - یون برای تعیین قابلیت حل شدن استفاده شده است. پیداست که روش به کار رفته روش درستی است، لیکن از جواب حاصل از آن به‌طور نادرست استفاده شده است، زیرا از قابلیت حل شدن کلی به دست آمده که در بردارنده هم یونهای آزاد و هم یونهای زوج شده است برای تعیین حاصلضرب انحلالی بهره گرفته شده است که در واقع دستیابی به یک جواب غلط می‌باشد. از این اشتباه فهمیده می‌شود که برای مطالعه تعادلهای یونی می‌بایستی از راه و روشهای سازگارتری استفاده کرد.

از ستون آخر جدول (۱) به دست می‌آید علیرغم آنکه ثابت ترمودینامیکی تجمع یونی برای سولفات کلسیم برابر با ۲۰۰ است لیکن ثابت تعادل آن بر حسب غلظت فقط در حدود ۴۵ می‌باشد؛ دلیل آن یقیناً در آن است که مقدار هر یک از ضرائب فعالیت به جای آنکه مساوی واحد باشد (نظیر آنچه را که در مورد محلولهای ایده‌آل پیش می‌آید). از ۵/۰ هم کوچکتر است (معادله ۶). کوچکتر بودن مقدار K به معنای کمتر بودن تجمع یونی است. بدینسان در مورد یک الکترولیت معین، کاهش در ضرائب فعالیت در جهت مخالفت با تجمع یونی عمل خواهد کرد. از همین رو چگونگی و موقعیت تعادل در محلولهای یونی توسط برقراری توازن میان این دو عامل تعیین می‌شود.

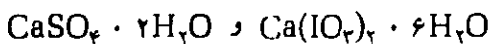
مثال ۵- $Ca(IO_3)_2$: تعیین قابلیت حل شدن و حاصلضرب انحلالی یدات کلسیم به عنوان یک تجربه عادی دیگر در شیمی عمومی است. قابلیت حل شدن $Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$ در آب در $25^\circ C$ برابر $1 \cdot 10^{-4} mol \cdot l^{-1}$ است و حاصلضرب انحلالی آن (K_{SP}) مساوی $7/0 \times 10^{-2}$ می‌باشد. ثابت تجمع یونی (K°) برای زوج یونی $Ca^{2+} + IO_3^-$ برابر با $7/8$ است (۱). چون K° کوچک است لذا تجمع یونی ناچیزی مورد انتظار است. بررسی مسأله در این حالت همانند

است که ۸٪ باقیمانده سهم مربوط به تجمع یونی را نشان می‌دهد. در جدول ۲ داده‌های مربوط به $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ و CaSO_4 خلاصه و مقایسه شده است. اولی که بار یونی کوچکتری دارد ۲۹٪ غیر ایده‌آلی را از خود نشان می‌دهد، در حالی که دومی که يك نمك ۲:۲ است ۶۷٪ غیر ایده‌آلی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر تجمع یونی در $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ فقط ۸٪ است، حال آنکه در CaSO_4 به ۲۷٪ می‌رسد. یقیناً درجه تجمع یونی برای الکترولیتهایی که یونهای پر بارتری دارند بزرگتر می‌باشد.

جدول ۲- بخشهای مربوط به قابلیت حل شدن*

CaSO_4 (%)	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ (%)	
۳۲	۷۱	قابلیت حل شدن ایده‌آل
۲۱	۲۱	} سهم غیر ایده‌آلی فعالیت زوج شدن یونی
۲۷	۸	
۱۰۰	۱۰۰	کل

* درصد هر يك از بخشهای سازنده قابلیت حل شدن کلی (اندازه‌گیری شده) در آب در 25°C . فازهای جامد عبارتند از:



نابتهای تجمع یونی در محلول، برای یدات کلسیم $K=7/8$ و برای سولفات کلسیم $K=200$ ، جزئیات محاسبه در متن آمده است.

مثالهای دیگر

به منظور بررسی بیشتر نقطه نظرهای بالا، محاسبه را در گستره غلظتهای صفرالی $0/4\text{M}$ با انتخاب مثالهای نمونه‌ای از نمکهای مقارن $1:1$ ، $2:2$ و $3:3$ گسترش داده‌ایم. در شکل ۲ نمودار میزان زوج شدن یونی (مول درصد) به صورت تابعی از غلظت کلی نمك (غلظت تجزیه‌ای) برای هر يك از سه مورد داده شده رسم شده است. در این محاسبات از اثرات مربوط به تشکیل سه تایی‌های یونی، هیدرولیز و تعادلهای دیگر صرف نظر شده است. علاوه بر آن فرض شده است که عبارت توسعه یافته دبابی - هوکل (معادله ۵) برای محاسبه ضرایب فعالیت یونهای تکی در گستره غلظتهای به کار رفته کارآمد باشد. با وجود این محدودیتهای، برخی نکات برجسته کلی

مثال قبلی است؛ جز آنکه در اینجا با يك الکترولیت نامتقارن $2:1$ سروکار داریم و زوج یونی بار خاصی را هم با خود همراه خواهد داشت و علاوه بر آن در محلول يك مقدار آنیونهای یدات آزاد اضافی نیز موجود خواهد بود. از محاسبه دوری به دست می‌آید: $[\text{Ca}^{2+}] = 0/00735$ ، $[\text{IO}_3^-] = 0/0152$ ، $X = 0/063$ (میزان زوج شدن یونی در حدود $6/3\%$)، $I = 0/0225$ ؛ که به کمک آن می‌توان ضرایب فعالیت یونی را بدینسان محاسبه کرد:

$$K_{sp}^0 = a_M \cdot a_I = (0/00735)(0/0152)^2$$

$$(0/580)(0/1865)^2 = 7/0 \times 10^{-7}$$

این جواب با مقدار استاندارد آن توافق خوبی دارد. در هر حال اگر از قابلیت حل شدن تجربی استفاده کنیم و محلول را هم ایده‌آل بگیریم برای آن خواهیم داشت:

$$K_{sp} = (0/00784)(2 \times 0/00784)^2$$

$$= 1/9 \times 10^{-6}$$

این جواب $2/7$ برابر مقدار درست آن است. خطا در اینجا کمتر از مثال قبل است.

اکنون آموزنده است که به مسأله تخمین قابلیت حل شدن یدات کلسیم بپردازیم. در گام نخست اگر حالت محلول را کاملاً ایده‌آلی بگیریم خواهیم داشت:

$$K_{sp} = (S)(2S)^2 = 7/0 \times 10^{-7} \Rightarrow$$

$$S = 5/6 \times 10^{-3}\text{M}$$

S قابلیت حل شدن را می‌رساند. جواب به دست آمده فقط ۷۱٪ قابلیت حل شدن کلی را می‌رساند. در گام بعدی بدون در نظر گرفتن تجمع یونی، از ضرایب فعالیت یونها استفاده می‌کنیم. برای آن داریم:

$$I = 3S = 0/0168$$

و از آنجا

$$\gamma_{\text{IO}_3^-} = 0/876 \text{ و } \gamma_{\text{Ca}^{2+}} = 0/616$$

بدین ترتیب:

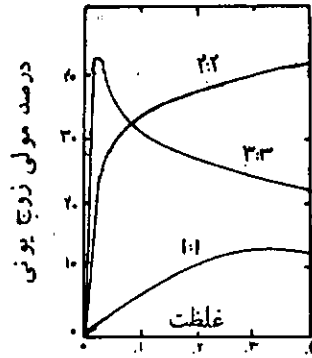
$$7/0 \times 10^{-7} = (S)(2S)^2(0/616)(0/876)^2$$

$$\Rightarrow S = 7/18 \times 10^{-3}\text{M}$$

این جواب ۹۲٪ از قابلیت حل شدن کلی را می‌رساند. آشکار

به شرح زیر حصول پذیر است:

۱- از شکل ۲ پیداست که میزان زوج شدن یونی، جز در مورد نمکهای ۱:۱، در حدود ۲۰ الی ۴۰٪ است. این میزان در موافقی که ثابتهای تجمع یونی از مقادیر متوسط به کار رفته در اینجا بزرگتر باشند، می تواند بالاتر باشد. لازم است توجه داشته باشیم که این تجمعهای یونی و تأثیری که از آن حاصل می شود به هیچ روی قابل صرف نظر کردن نیست. با این وجود جای بسی تأسف است که در این همه کتابهای درسی که در آنها از موضوع فعالیتهای یونی سخن به میان آمده است هیچ اشاره ای به تشکیل زوجهای یونی در محلولهای آبی نشده و توجه دانش آموزان و دانشجویان در محاسبات مربوط به قوت یونی بدان جلب نشده است.



شکل ۲- میزان زوج شدن یونی (مول درصد) در محلولهای آبی الکترولیتها؛ گستره غلظت از صفر تا $0.4M$ ؛ جزئیات محاسبات در متن آمده است. ثابتهای پایداری زوج - یونی به طور نمونه برای نمکهای ۱:۱ برابر با $K^0 = 1$ ، برای نمکهای ۲:۲ برابر با $K^0 = 2000$ و برای نمکهای ۳:۳ برابر با $K^0 = 6000$ انتخاب شده است.

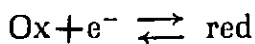
۲- نمکهای ۳:۳ در تشکیل زوج یونی رفتاری استثنایی از خود نشان می دهند؛ بدین نحو که نخست یک افزایش سریع (تا یک ماسکیمم ۴۵٪ در غلظت $0.01M$) و سپس کاهش در آن پیش می آید. این روند یک نمایش ارزشمند از چگونگی اثر قدرتمند بارهای بسالا در پایین آوردن ضرائب فعالیت است؛ اثری که متضاد و بزرگتر از اثر عمل جرم (شیمیایی) حاصل از افزایش غلظت می باشد. این مسأله و سایر جنبه های مربوط به تجمع یونی به تفصیل از طرف داویس^۴ مورد بررسی قرار گرفته است (۸).

۳- زوج شدن یونی در محلولهای الکترولیتهای نامتوازن مانند یدات کلسیم و در مخلوطهای کمپلکس الکترولیتها مانند آب دریا نیز اتفاق می افتد. یونهای Na^+ و Cl^- به عنوان

یونهای اصلی در آب دریا هستند، علاوه بر آنها، یونهای Mg^{2+} ، Ca^{2+} ، K^+ ، SO_4^{2-} و HCO_3^- نیز به میزان قابل توجه در آب دریا موجودند. این یونها به همراه دیگر گونه های که در حد اندک در آب دریا موجودند محیطی می سازند با قدرت یونی در حدود $I = 0.70M$ و pH بین ۷/۵ الی ۸/۰. این شرایط به قدر کافی برای انجام محاسبات اطمینان بخش درباره تعادلهای یونی دقیق می باشند. در واقع معلوم شده است که در آب دریاها ۷۰٪ کربناتهای هیدروژن (بیکربناتها) به صورت یونهای HCO_3^- آزاد و ۵۰٪ سولفاتها به صورت SO_4^{2-} آزاد و تنها ۱۰٪ کربناتها به صورت CO_3^{2-} آزاد موجودند؛ و مابقی در هر مورد به صورت زوج یونی متشکل از یک کاتیون و یک آنیون می باشند (۹). این اعداد به خوبی اهمیت نقش ژئوشیمیایی تجمع یونی را برای ما آشکار می سازند. کاربردهای دیگر تجمع یونی در بخش پتانسیلهای اکسایش - کاهش به شرح زیر مورد بحث قرار خواهد گرفت:

پتانسیلهای اکسایش - کاهش

پیش از این ارتباط تجمع یونی و تعادلهای اکسایش - کاهش را در نظر گرفتیم. اکنون بسیار سودمند است که از معادله های مورد نیاز این بحث مروری به عمل آوریم. در اینجا بحث را به انتقال برگشت پذیر یک الکترون محدود می کنیم؛



الکترودی اتری که در محلول مناسبی داخل می شود، پتانسیلی (E) دارا می شود که مقدار آن مطابق رابطه نرنست تعیین خواهد شد:

$$E = E^0 + (RT/F) \cdot \ln(a_{Ox}/a_{red}) \quad (7)$$

مقدار این پتانسیل در یک دمای ثابت توسط مقدار E^0 و فعالیت یونی گیرنده اکسند^۵ و کاهنده^۶ تعیین می شود. فعالیتها و غلظتهای مولی از طریق ضرائب فعالیت و مطابق معادله ۴ به هم وابسته می شوند. در موقعی که اکسند و کاهنده باغلظتهای هم مولار در محلول آبی در $25^\circ C$ موجود باشند، پتانسیل احيایی اندازه گیری شده E^0' از رابطه زیر نیز قابل محاسبه است:

$$E^0' = E^0 + 59/2 \log(\gamma_{Ox}/\gamma_{red}) \quad (8)$$

(پتانسیلها بر حسب میلی ولت داده می شوند).

شده و دوباره مرتب ساختن آنها به دست می آید:

$$E^{\circ'} = E^{\circ} + \frac{59}{2} \log \left(\frac{\gamma_{Ox}}{\gamma_{red}} \right) \left(\frac{1 + [L] \cdot K_{red}}{1 + [L] \cdot K_{Ox}} \right) \quad (12)$$

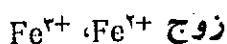
معادله ۱۲ واقعیت‌های مربوط به این بحث را در خود خلاصه کرده است و از آن پیداست که پتانسیل مشاهده شده ($E^{\circ'}$) متفاوت از پتانسیل استاندارد (E°) است. در این کار دو عامل دخالت دارد: یکی تصحیح ناشی از ضریب فعالیت برای به حساب آوردن برهم کنش دور برد الکتروستاتیک، دیگری تعادل تجمع یونی برای منظور داشتن اتصال شیمیایی کوتاه برد. از طرفی، عامل شیمیایی به طور غیر مستقیم نیز تحت تأثیر تصحیح مربوط به فعالیت قرار دارد؛ زیرا ثابت‌های تعادل، K_{red} و K_{Ox} مطابق معادله ۱۱ تابع قدرت یونی محلول می‌باشند. سهم نسبی هر یک از این دو عامل تابع بار یونها و غلظت الکتروولیت است. در هر حال دو حالت حدی ساده ممکن است در نظر گرفته شود:

(۱) وقتی که تجمع یونی ضعیف است، یعنی K به قدر کافی کوچک است. در این صورت معادله ۱۲ به معادله ۸ تبدیل می‌شود. در این شرایط فقط قدرت یونی مورد توجه قرار می‌گیرد.

(۲) موقعی که تجمع یونی بسیار شدید است و در این صورت جمله K نقش غالب داشته و می‌توان معادله ۱۲ را به معادله تقریبی زیر ساده نمود.

$$E^{\circ'} = E^{\circ} + \frac{59}{2} \log (K_{red}/K_{Ox}) \quad (13)$$

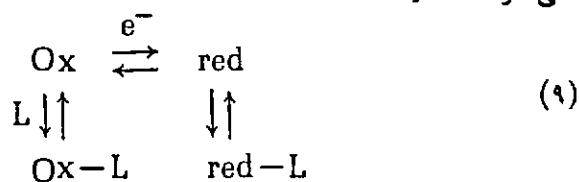
معادله ۱۳ علاوه بر آنکه برای پیشگویی تأثیر اتصال لیگاند بر روی پتانسیل‌های کاهش سودمندی زیادی دارد، در مورد پایداریهای نسبی حالت‌های اکسایش یونهای کمپلکس در موقعی که اثرات الکتروستاتیکی نقش غالبی دارا باشند نیز سودمند می‌باشد. اکنون این اندیشه‌ها را در رابطه با چند حالت خاص مورد بحث قرار می‌دهیم.



پتانسیل کاهش استاندارد زوج آهن (II) و آهن (III) که برای ما بسیار شناخته شده است برابر با ۷۷۵ میلی‌ولت است (در آب و در دمای $25^{\circ}C$ و در قدرت یونی صفر). اما به

در حالت حدی که به محلول‌های بینهایت رقیق مربوط می‌شود، ضرائب فعالیت به سمت واحد میل می‌کنند و از آنجا $E^{\circ'}$ به مقدار ایده آل خود E° می‌رسد. در محلول حقیقی با قدرت یونی معین، γ_{Ox} و γ_{red} باهم یکی نیستند، زیرا هر یک از گونه‌های اکسند و کاهنده بارهای متفاوتی حمل می‌کنند و بدان لحاظ $E^{\circ'}$ متفاوت از E° خواهد بود. بدین ترتیب $E^{\circ'}$ یک زوج $3+/2+$ در یک محلول با قدرت یونی $0.10M$ در حدود ۲۵ میلی‌ولت از E° آن کوچکتر است، در حالی که $E^{\circ'}$ یک زوج $3-/4-$ در همان محلول در حدود ۴ میلی‌ولت از E° آن بزرگتر است. این انحراف به عنوان میزانی از نا ایده‌آلی الکتروستاتیکی در محلول‌های الکتروولیت، بدون به حساب آوردن برهمکنش‌های شیمیایی است. اما امروزه از اندازه‌گیریهای اکسایش - کاهش آشکار شده است که میزان نا ایده‌آلی در اینگونه سیستمها به نحوی قابل ملاحظه از مقادیر داده شده در بالا بزرگتر است؛ واقعیتی که یک بار دیگر لزوم در نظر گرفتن اثرات شیمیایی را اعلام می‌دارد.

می‌توان نقش تجمع یونی در هر واکنش جنبی را به شرح زیر ارزیابی کرد. با حذف بارها، فرض کنید که هر یک از یونهای اکسند و کاهنده مستقلاً در یک تعادل اتصال - لیگاند تکی شرکت نماید:



برای سمت اکسند (Ox) تعادل داریم:

$$K_{Ox}^{\circ} = [Ox-L] \cdot \gamma_{OxL} / [Ox] \cdot \gamma_{Ox} \cdot [L] \cdot \gamma_L \quad (10)$$

$$K_{Ox} = K_{Ox}^{\circ} (\gamma_{Ox} \cdot \gamma_L / \gamma_{Ox-L}) \quad (11)$$

پیداست که روابط مشابهی هم برای گونه کاهنده خواهیم داشت. لیگاند L یونی است با بار مخالف و $Ox-L$ ، $red-L$ زوجهای یونی یا کمپلکسهای مورد نظر می‌باشند. ثابت K_{Ox}° برای اتصال لیگاند به اکسند (معادله ۱۰) متناظر معادله ۲ است) به منزله ثابت ترمودینامیکی تجمع یونی یا ثابت پایداری است و K_{Ox} (معادله ۱۱) با معادله ۶ متناظر است) ثابت تعادلی است که در قدرت یونی مورد نظر بر حسب غلظت‌های مولی نوشته شده است. در ضمن $[L]$ غلظت لیگاند آزاد در تعادل را می‌رساند. از تلفیق مناسب معادله‌های داده

هرحال برای آنکه از تفکیک اسیدی کاتیونهای آب پوشیده در محلول جلوگیری شود معمولاً لازم است یک اسید قوی در محلول حضور داشته باشد و یا آنکه در محلول یک لیگاند مناسب که بتواند یکی از دو حالت اکسایش را نسبت به دیگری پایدار سازد موجود باشد، (با یکی از آنها کمپلکس پایدارتری را تشکیل دهد)، هرگاه لیگاند آنیونی باشد، تمایل خواهد داشت تا با Fe^{2+} و Fe^{3+} زوجهای یونی را تشکیل دهد، که در این میان زوج یونی اکسند به دلیل دارا بودن بار الکتروستاتیکی بالاتر ثابت پایداری بزرگتری خواهد داشت. در نتیجه تشکیل چنین زوجهای یونی یک جابه‌جایی منفی در پتانسیل کاهش سیستم صورت می‌گیرد و این درست همان چیزی است که در عمل نیز مشاهده می‌شود.

به عنوان مثال یک محلول آبی HCl با مولاریته ۰/۱۰ که دارای $FeCl_2$ و $FeCl_3$ هر یک با مولاریته ۰/۰۰۲۰M است در نظر بگیرید. ثابتهای تجمع یونی در آن عبارت‌انداز:

$$K_{Ox}^{\circ} = 30 \quad (\text{برای } Fe^{2+}Cl^{-})$$

$$K_{red}^{\circ} = 2/5 \quad (\text{برای } Fe^{3+}Cl^{-})$$

با بهره‌گیری از روش محاسبه بی‌دریی و یا حتی با یک حدس ساده می‌توان تخمینی از قدرت یونی و ضرایب فعالیت به عمل آورد و از آنجا به حدود ثابت تعادل و میزان زوج شدن یونی برای گونه‌های اکسند و کاهنده دست یافت (معادله‌های ۱۱ و ۳).

$$E^{\circ} = 733mV$$

که در حدود ۴۰ میلی‌ولت از مقدار استاندارد آن کوچکتر است. مقدار تجربی در این شرایط ۷۳۶ میلی‌ولت می‌باشد (۱۱).

در کتابهای درسی شیمی تجزیه اغلب از مقدار ۷۰۰ میلی‌ولت به عنوان پتانسیل صورتی^۲ زوج مورد بحث یاد می‌شود. این پتانسیل به محلول ۱F* (یک فرمال) اکسند و کاهنده در محلول ۱F اسید کلریدر یک اشاره دارد. آیا در یک چنین غلظتهای بالایی می‌توان پتانسیل زوج مورد مطالعه را با اطمینان لازم به دست آورد؟ در این کار خوشبختانه فقط نسبت ضرایب فعالیت $(\gamma_{Ox}/\gamma_{red})$ شرکت دارد. هرگاه محاسبه بالا را در مورد یک محلول $FeCl_2$ و $FeCl_3$ هر یک به غلظت ۰/۰۱M در محلول HCl به غلظت ۱/۰M، با فرض اتصال Cl^{-} و یک قدرت یونی کلی ۱/۰M انجام دهیم، به

مقدار $E^{\circ} = 707mV$ دست می‌یابیم. بدین ترتیب معلوم می‌شود که یک پتانسیل صورتی در حدود ۷۰۰ میلی‌ولت چندان هم بی‌دلیل نیست. محاسبات انجام شده به طرز جالبی نشان می‌دهند که تغییر حاصل در پتانسیل، به طور مساوی ناشی از ضرایب فعالیت و زوج شدن یونی است (هر کدام در حدود ۵۰٪).

پتانسیل صورتی زوج آهن (III)، آهن (II) در محلول ۱F هر یک از آن دو و در حضور اسید سولفوریک ۱F کمی کوچکتر است و در حدود ۶۸۰ میلی‌ولت می‌باشد. در اینجا اتصال یونی قوی‌تری با آنیون HSO_4^{-} در کار می‌آید. در واقع داریم (۱):

$$K_{Ox}^{\circ} = 1/1 \times 10^4 \quad \text{و} \quad K_{red}^{\circ} = 1/6 \times 10^2$$

با در نظر گرفتن محلول ۰/۰۱M نسبت به هر یک از سولفات آهن (II) و آهن (III) در محلول اسید سولفوریک ۱/۰M می‌توان محاسبه ساده شده‌ای را انجام داد. برای این منظور فرض می‌کنیم $I = 1/0M$ و غلظت لیگاند آزاد،

$$[HSO_4^{-}] = 1/0M$$

و در ضمن از تماسی و اکنشهای جانبی دیگر هم صرف‌نظر می‌شود. با یک چنین برخوردی به دست می‌آوریم:

$$E^{\circ} = 635mV$$

که با پتانسیل صورتی توافق چندانی ندارد؛ اما به هر حال از مخلوط پیچیده‌تری از یونها در محلول حکایت دارد. در این حالت ۸۰٪ از تغییر پتانسیل کاهش به اثر شیمیایی مربوط می‌شود. هرگاه اندازه‌گیری پتانسیل در حضور مخلوط H_2SO_4 و H_3PO_4 عملی شود باز هم پتانسیل کاهش صورتی کوچکتری مشاهده می‌شود. توضیح آن با در نظر گرفتن اینکه در این شرایط اتصالهای لیگاندی دیگری هم با یونهای فسفات تشکیل می‌شود، چندان دشوار نخواهد بود.

زوج $Fe(CN)_6^{4-}$ و $Fe(CN)_6^{3-}$

یک سیستم اکسایش - کاهش دیگر از آهن (III)، آهن (II) سیستمی است که از مخلوط هم مولاری از فری سیانید

* محلول ۱F محلولی است به غلظت یک فرمول‌گرم بر لیتر F حرف اول کلمه formula است.

مساوی با:

$$E' = 355 + 10 = 365 \text{ mV}$$

پیشگویی کرد، که با مقدار تجربی آن 366 mV مطابقت بسیار عالی دارد.

برای آنکه این مدل را بیشتر محک بزیم می‌پرسیم اگر در محلول یساده شده کلرید پتاسیم 0.1 M هم می‌داشتیم در آن صورت وضع به چه صورت درمی‌آمد؟ KCl به عنوان یک نمک خنثی می‌بایستی قدرت یونی محلول را افزایش دهد و K^+ به عنوان یک لیگاند بایستی زوج شدن یونی را تشدید نماید. همانطور که از محاسبات بالا عیناً پیدا است، هر دو اثر می‌بایستی پتانسیل اکسایش - کاهش را مثبت‌تر سازند. در واقع همینطور هم دست. در اینجا از ذکر جزئیات محاسبه خودداری شده، اما نتایج آن به همراه داده‌های مربوط به سیستم مشابهی در حضور یکی از نمک‌های کلسیم (به دلیل داشتن بار بیشتر دارای نقش مؤثرتری در زوج شدن یونی است) در جدول ۳ خلاصه شده است. در ستون آخر جدول داده‌های مربوط به اکسایش - کاهش مورد نظر در مجاورت یک اسید جمع‌آوری شده است. که در آن H^+ به عنوان لیگاند می‌باشد. با آنکه پروتونه شدن یک پدیده کاملاً الکتروستاتیکی نیست، لیکن چگونگی برخورد کمی با کلیه این تعادلها اکیداً با هم مقایسه پذیراند و در واقع جور و هماهنگ در آمدن نتایج به دست آمده به عنوان تأییدی است بر این نقطه نظرها.

جدول ۳- اثرات ضرائب فعالیت و تجمع یونی روی

پتانسیل کاهش $E'(mV)$ سیستم سیانیدفرویک و سیانید فرو

(د)	(ع)	(ب)	(الف)	
۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	۳۵۵	E° ایده آل (مقدار استاندارد)
۳۹۲	۳۹۵	۳۹۵	۳۶۲	با تصحیح مربوط به فعالیت
۵۷۰	۲۳۰	۲۲۲	۳۶۵	با فعالیت و زوج شدن یونی
۵۶۰	۲۲۲	۲۲۲	۳۶۶	پتانسیل اندازه‌گیری شده E'
۱۸	۲۶	۵۸	۷۶	سهم نا ایده‌آلی } فعالیت (%)
۸۲	۵۲	۲۲	۲۲	

جدول ۳، بینشهایی را در خصوص نقشهای نسبی آن دسته از عوامل فیزیکی و شیمیایی که در جابجا ساختن پتانسیل

پتاسیم و فروسیانید پتاسیم تشکیل می‌شود. این زوج برخی ویژگیهای برجسته دارد که برای بحث کنونی مناسب است: این دو نمک به آسانی تهیه می‌شوند، و مخلوط آنها در محلولهای رقیق آبی پایدار است؛ پتانسیل اکسایش کاهش آن دو به آسانی قابل اندازه‌گیری است؛ یونها به صورت آنیون‌اند و از همین رو در مقابل زوج کاتیونی فریک و فرو، یک رویارویی از خود نشان می‌دهند؛ علاوه بر آن، چون بار بالایی دارند لذا آشکارا انتظار می‌رود که در زوج شدن یونی شرکت جویند. پتانسیل اکسایش - کاهش این سیستم حقیقتاً در گستره وسیعی از غلظتها اندازه‌گیری شده است (۱۲، ۱۳) و از همین رو می‌توان مقایسه دقیقی از مقادیر محاسبه شده و مقادیر تجربی به عمل آورد.

اینک محلولی از $\text{K}_7\text{Fe}(\text{CN})_6$ و $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ که غلظت هر کدام در آن $10^{-4} \times 1/100 \text{ M}$ می‌باشد در نظر می‌گیریم. همانطور که ملاحظه می‌شود کاتیون K^+ به عنوان تنها لیگاند زوج شدن یونی است. مقادیر استاندارد برای این سیستم عبارتند از:

$$E^\circ = 355 \text{ mV}$$

$$K_{\text{Ox}}^\circ = 30 \quad (\text{برای } (\text{K}^+\text{Fe}(\text{CN})_6)^{-})$$

$$K_{\text{red}}^\circ = 230 \quad (\text{برای } (\text{K}^+\text{Fe}(\text{CN})_6)^{-})$$

$$I = 0.00156 \text{ M}$$

اکنون می‌توان ضرائب فعالیت را با استفاده از معادله ۵ محاسبه کرد و از آنها برای تعیین $K_{\text{Ox}} = 23$ و $K_{\text{red}} = 163$ بر طبق معادله ۶ استفاده نمود. در پی آن این سؤال پیش می‌آید که میزان انحراف ناشی از نا ایده‌آلی تا چه اندازه است؟ فرض کنید از زوج شدن یونی صرف نظر شود، در این شرایط جمله نشان دهنده نا ایده‌آلی بر پایه معادله ۸ برابر می‌شود با:

$$\text{سهم نا ایده‌آلی} = 59.2 \log(0.680/0.510) = 7.7 \text{ mV}$$

این جواب می‌رساند که جابجایی به عمل آمده بسیار اندک است؛ زیرا محلول به کار رفته بسیار رقیق بوده است. هرگاه زوج شدن یونی را هم در نظر بگیریم، در آن صورت بر پایه معادله ۱۲ یک جابجایی $10/1$ میلی‌ولت برای آن به دست می‌آید. با توجه به آن می‌توان مقدار پتانسیل کاهش را

کاربردهای دیگر

نحوه بررسی تعادلهای یونی به شرح بالا می‌تواند برای مطالعه تشکیل بیش از یک کمپلکس نیز مورد استفاده قرار گیرد، (نظیر سه تاییهای یونی، تعادلهای چندگانه، گونه‌های چند هسته‌ای). برای مثال هرگاه دو مرحله از اتصال لیگاندی متوالی، نظیر پروتونه شدن سیانیدفريك در pH پایین در کار باشد، جمله $(1 + K_1[L] + K_1K_2[L]^2)$ در معادله ۱۲ به

$$(1 + K_1[L] + K_1K_2[L]^2)$$

تبدیل می‌شود، در حالی که K_1 و K_2 ثابتهای پایداری برای اتصال لیگاندی مرحله اول و دوم است که برای یکی یا هر دو یون سیستم اکسایش - کاهش به کار می‌رود (صورت و مخرج). علاوه بر آن، این روش می‌تواند برای حالت‌هایی که متضمن تعادلهای متوالی بیشتری‌اند نیز توسعه یابد. نظر به اینکه به آسانی می‌توان به داده‌های مربوط به ثابتهای پایداری دست یافت (۱)، لذا از این راه پیشگویی مقادیر پتانسیل کاهش سیستمهای اکسایش - کاهش توصیف شده متنوعی میسر خواهد شد. در اکثر حالت‌هایی که با لیگاندهای آنیونی سروکار داریم، پتانسیلهای محاسبه شده، با مقدار تجربی آنها توافق خوبی دارد. در جدول ۴ نمونه‌هایی از آنها ارائه شده است.

اکسایش - کاهش يك سیستم معدنی مشخص مؤثرند در اختیار می‌گذارد. از مطابقت رضایتبخش کمیتهای اندازه‌گیری شده با محاسبه بر می‌آید که حتی در محلولهای رقیق هم نمی‌توان از زوج شدن یونی صرف‌نظر کرد. علاوه بر آن می‌توان جابجایی‌ها در پتانسیل اکسایش - کاهش را به نحو کاملاً موفقیت آمیزی در همه جا بر حسب جملات الکتروستاتیکی و به عنوان نتایج قوانین تعادلهای شیمیایی بیان داشت، برای مثال افزایش KCl تعادل را به طرف زوج شدن یونی بیشتر جابجا می‌کند، همانطور که مشاهده می‌شود می‌توان پیشگویی کرد که یونهای کلسیم دو ظرفیتی تأثیر شدیدی در این کار داشته باشند (جدول ۳، ستون ج). در مورد HCl نتیجه می‌شود که جزء کاهنده (یون سیانید فرو) دو گونه پروتون‌دار شده متوالی را تشکیل دهد، در حالی که جزء اکسنده (سیانید آهن (III)) پروتون‌دار نمی‌شود (۱۳). همانطور که ستون آخر جدول ۳ نشان می‌دهد، این نتیجه کاملاً مربوط است به تأثیر يك pH اسیدی قوی، و پتانسیل اکسایش - کاهش با رسیدن pH محلول به ۱، چیزی در حدود ۲۰۰ میلی‌ولت مثبت‌تر می‌شود. بدون هیچ تعجبی بیش از ۸۰٪ این جابجایی مربوط به اتصال شیمیایی است. دست آخر، يك نکته ارزشمند آن است که این تغییرات در پتانسیل اکسایش - کاهش زوج سیانید آهن (III) سیانید آهن (II) به عنوان يك کار آزمایشگاهی بسیار جالب است. تجربه کردن آن آسان بوده و مشاهده آن جالب است و تجزیه و تحلیل نمودن نتایج حاصل از آن طولانی اما آموزنده می‌باشد.

جدول ۴- اثر لیگاند بر پتانسیل زوج

آهن (III) و آهن (II)

لیگاند	$E^{\circ}(V)$	تذکر
آب	۰/۷۷	در حد $I = 0$ و در $25^{\circ}C$
HCl	۰/۷۰	اتصال Cl^{-} (من)
اسید استیک	۰/۵۶	اتصال استات
اسید سیتریک	۰/۲۵	اتصال سترات
EDTA	۰/۱۵	شلات
فن	۱/۱۵	کمپلکهای تریس، پیوند کروالانی
بیسی	۱/۱۰	" " " "
هموگلوبین	۰/۱۵	Fe در پرورترین و پرورترین
بروگلوبین	۰/۱۰	Fe " " "

- ۱- سیانید آهن (III) و سیانید آهن (II) هر يك به غلظت $10^{-4} M \times 1/50$ در آب در $25^{\circ}C$ ؛
- (الف) بدون افزایش نمک.
- (ب) با کلرید پتاسیم $0/100 M$.
- (ج) با نیترات کلسیم $0/0333 M$.
- (د) با $0/100 M HCl$. جزئیات تصحیح مربوط به فعالیت (معادله ۸) و فعالیت با زوج شدن یونی رویهم (معادله ۱۲) در متن داده شده است.
۲. پتانسیل اکسایش - کاهش آهن (III) - آهن (II) در محلول آبی در $25^{\circ}C$ ؛
- (الف) - در حضور لیگاندهای آنیونی؛ E° به کمک معادله ۱۳ محاسبه شده و با داده‌های تجربی توافق دارد.
- (ب) - با لیگاندها $-N$ هتروسیکلی خنثی؛ فن = ۱، ۱۰؛ فناترولین، بیسی = ۲، ۲' - بی‌بی‌یدیل، داده‌های تجربی.
- (ج) - هموپروتئینها، داده‌های تجربی.

الکترولیت در محیط آبی، دو مؤلفه در نظر گرفته شد؛ یکی فیزیکی (ضریب فعالیت) و دیگری شیمیایی (زوج شدن یونی). سهم هر یک از آن دو در نا ایده آلی محلول تابع اندازه بار یونها، غلظتهای آنها و ثابتهای پایداری است. به نظر می رسد که تلاش در این راه یابی دست کم شایان این ارزش است که خواننده را آماده پذیرش تجمع یونی به عنوان یک مفهوم طبیعی خواهد در یک محلول آبی ساده، خواه در یک مخلوط پیچیده نظیر آب دریا یا سیالهای بیولوژیکی و خواه در یک محیط غیر آبی و حتی در یک نمک مذاب می کند. برای این باید، در کتابهای درسی و آزمایشگاهی به شایستگی می توان موضوع تعادل های یونی را به شیوه ای جامع تر، حتی ساده شده، مورد مطالعه قرار داد. بدین ترتیب فرض عمومی حالت ایده آل شامل نادیده گرفتن بر همکنشهای فیزیکی و شیمیایی به طور مساوی خواهد بود. این یک توازن را می رساند و از لحاظ شیمیایی مفهومی قانع کننده تر هم برای دانشجو و دانش آموز و هم برای معلم به طور مساوی است.

از: J. Chem. Educ. No. 2 February 1989

E° زوج $Fe_{(aq)}^{2+}$ و $Fe_{(aq)}^{3+}$ در جدول ۴ در حالت ایده آل (در قدرت یونی صفر) به عنوان نقطه مرجع می باشد. لیگاندهای آنیونی پتانسیل کاهش را پایین می آورند؛ این واقعت ممکن است به بر هم کنش الکتروستاتیک قوی تر با یون Fe^{2+} نسبت داده شود. بدینسان لیگاندهای دارای بار منفی تمایل به پایدار کردن حالت اکسایش بالاتر کاتیون یک زوج اکسایش - کاهش را دارند (جدول ۴-الف). این نتیجه گیری به آهن تنها محدود نخواهد شد، بلکه در مورد سایر سیستمهای اکسایش - کاهش مانند Co^{2+} و Co^{3+} و یونهای کمپلکس آن نیز به کار خواهد رفت.

برعکس بالا، لیگاندهای آلی N- هتروسیکلی خنثی با حلقه های الکترونی π نامستقر به طور کواالانسی به Fe^{2+} و Fe^{3+} پیوند برقرار می کنند؛ اما در اینجا پیوند با Fe^{2+} قوی تر است و از همین رو این حالت اکسایش اخیر پایداری می یابد، و از آنجا پتانسیل سیستم تا حدود ۱ ولت یا بیشتر بالا می رود (جدول ۴-ب).

در همو پروتئینهایی که از نظر بیوشیمیایی اهمیت دارند (نظیر سیتوکروم، هموگلوبین، میوگلوبین، پراکسیداز، کاتالاز)، یون آهن در حالی که دوبار مثبت آن خنثی شده است در یک لیگاند N- ماکروسیکلی جای می گیرد و زوج Fe° و Fe^{+} را تشکیل می دهد. پتانسیل اکسایش - کاهش آن یقیناً بسیار پایین است و حالت آهن (II) در برابر اکسیداسیون ناپایدار می باشد. از آنجا که هموگلوبین و میوگلوبین اکسیژن را فقط با داشتن آهن (II) حمل و ذخیره می کنند، لذا خون بایستی دارای یک ذخیره ثابت از آنزیمهای کاهنده باشد تا به کمک آنها هر هموگلوبین اکسید شده را به حالتی که از نظر زیست شناسی فعال است (فرو) تبدیل کند.

پانویسها

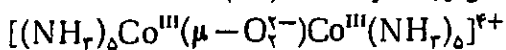
- ۱- Debye - Huckel Theory
- ۲- Ion Association
- ۳- Micelle Stability
- ۴- Davies
- ۵- Oxidant
- ۶- Reductant
- ۷- Formal Potential

نتیجه گیری

در بحث بالا، مسأله تجمع یونی و پتانسیلهای اکسایش - کاهش در قلمرو مفهوم وسیعتر تعادل های اتصال - لیگاندی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای حالت های ویژه ای که برهم کنشهای الکتروستاتیک در آنها نسبت به اثرات الکترونی یا ملاحظات ساختاری اهمیت بیشتری دارند، مورد استفاده قرار گرفت. در بحث مذکور برای نا ایده آلی محلولهای

آزمایشی برای سال سوم نظری

مشاهدات بصری جنبه مهمی از شیمی پایه را تشکیل می‌دهد. در سطوح مقدماتی باید به دانش آموزان فرصت دهیم که چنین مشاهداتی را از طریق انجام آزمایشهای مناسب و بدون خطر، تجربه کنند. (در این مقاله آزمایشهایی را شرح می‌دهیم که در آنها از خواص کمپلکسهای دو هسته‌ای کبالت (III) برای جذب برگشت پذیر اکسیژن به منظور اندازه گیری مقدار اکسیژن هوا استفاده شده است) به طوری که معلوم شده μ - پروکسویس [پنتا آمین کبالت (III)]:



برای انجام این آزمایش مناسب است. این آزمایش بدون خطر است و نسبت به روش متداول استفاده از پیروگال در هیدروکسید سدیم به مراتب بهتر است. در این مقاله با استفاده از این ترکیب کمپلکس برای اندازه گیری مقدار اکسیژن در جو، و کاربرد این روش در موارد دیگر سروکار داریم.

واکنش کمپلکسهای آمین کبالت (II) با اکسیژن

مولکولی

(محلول آمونیاکی نمک کبالت (II) در صورتی که در معرض هوا قرار گیرد تیره رنگ می‌شود و هنگامی که جریانی از هوا از روی این محلول یا از درون آن عبور داده شود، تغییرات رنگ حتی سریعتر انجام می‌گیرد) بلورهای قهوه‌ای تیره $[\text{Co}_2(\text{NH}_3)_8(\text{O}_2)](\text{NO}_3)_4$ در سال ۱۸۹۸ توسط آلفرد ورنر تهیه شد و ساختمان آن در سال ۱۹۶۸ به وسیله پراش پرتو-ای X تعیین شد (شکل ۱). یون پل دهنده پروکسید ساختمان گوش (کج) (gauche) دارد، فاصله O-O برابر $1/49\text{\AA}$ و $\text{CoOO} < 113^\circ$ است. از سال ۱۹۳۵ به این طرف جذب اکسیژن به وسیله کمپلکسهای کبالت با انواع سیستمهای شیمیایی که شامل یونهای کبالت (II) ولیگاندهای نیتروژن دار مثل آمینهای آلی، بازهای شیف و پورفیرین‌ها است به طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. کمپلکسهای دارای یونهای پل دهنده دی اکسیژن در موجودات زنده و در کاتالیزورها در سنتزهای آلی، به عنوان حاملین اکسیژن، شناسایی شده‌اند.

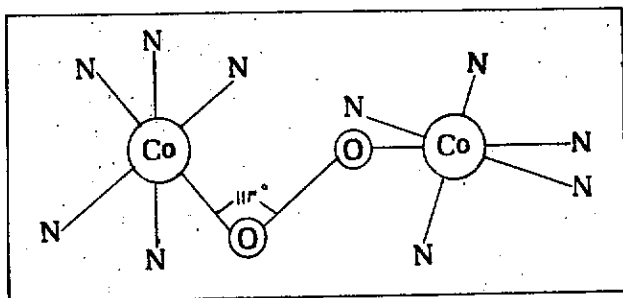
کمپلکسهای
آمین کبالت (III)
به عنوان
حاذیپهای
برگشت پذیر
اکسیژن

از مجله: Chemical Education

Vol. 65, No. 3, March 1988

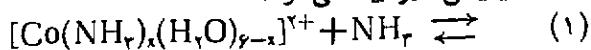
ترجمه: دکتر منصور تابدینی

استاد دانشگاه تهران

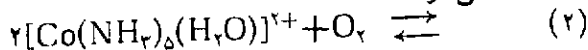


شکل ۱- فرمول ساختمانی μ - پروکسوئیس [پنتا آمین کبالت (III)] در این نمودار اتمهای هیدروژن حذف شده‌اند.

محلول آبی یونهای کبالت (II) دارای یونهای هگز اکتوا کبالت (II)، $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ است. جانشینی بازهای مختلف لوویس به جای لیگانداکتوا بسیار سریع است (عمر متوسط آب کوئوردیناسی 10^{-6} s ~ است) و با افزایش این بازها تعادل به سرعت برقرار می‌شود. در حضور مقدار فراوان آمونیاک، تشکیل مرحله‌ای کمپلکس اکتوا آمین به توسط معادله شیمیایی زیر بیان می‌شود:



$[\text{Co}(\text{NH}_3)_{x+1}(\text{H}_2\text{O})_{5-x}]^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
رنگت صورتی کمپلکس اکتوا با افزایش آمونیاک به زرد تغییر می‌کند. در پاره‌ای از موارد، رسوبی آبی رنگت تشکیل می‌شود که با افزایش مقدار بیشتر محلول آبی آمونیاک مجدداً حل می‌گردد. در مجاورت اکسیژن، رنگت محلول تیره می‌شود و این به علت تشکیل کمپلکس دو هسته‌ای دی اکسیژن (شکل ۱) است. سرعت جذب اکسیژن وقتی x در معادله (۱) بیش از ۳ باشد قابل ملاحظه است و وقتی مقدار آن ۵ باشد از همه سریعتر است. جذب اکسیژن به وسیله معادله شیمیایی زیر نشان داده می‌شود:

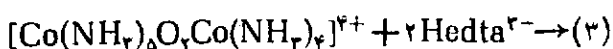


$[(\text{NH}_3)_5\text{Co}^{III}(\mu-\text{O}_2^-)\text{Co}^{III}(\text{NH}_3)_5]^{4+}$
اندازه گیرهای مغناطیسی پذیری و طیف جذبی فرابنفش نشان می‌دهد که در این کمپلکس دو هسته‌ای، دی اکسیژن به شکل یون دیا مغناطیسی پروکسید و کبالت در حالت اکسایش ۳+ کم اسپین است. نمک با انحلال پذیری کمتر که توسط ورنر جدا شد به صورت نیترات بود و مطالعه پراش پرتوهای x توسط شیفر بانمک سولفات تتراهدرات انجام گرفت.

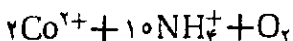
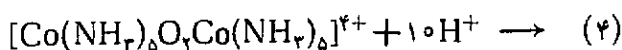
خواص کمپلکس دو هسته‌ای

این کمپلکس دو هسته‌ای در مجاورت یک عامل کسلیت

دهنده قوی مثل EDTA تجزیه می‌شود (در این مقاله EDTA را برای نشان دادن گونه‌های پروتون دار مختلف N، N'، N'- اتیلن دی آمین ترا استات، و edta^{4-} را برای آنیون با چهار بار منفی به کار می‌بریم). اتمهای کبالت (III) در کمپلکس، یون پروکسید را به اکسیژن مولکولی اکسیده کرده، خود به Co^{II} کاهش می‌یابند، که این یون با انجام واکنش سریع جانشینی لیگاند، $[\text{Co}^{II}\text{edta}]^{2-}$ می‌دهد:



این کمپلکس دو هسته‌ای همچنین در محلول اسیدی تجزیه شده یونهای کبالت (II) آب پوشیده و اکسیژن مولکولی می‌دهد:



به طوری که مشاهده می‌شود EDTA و پروتونها به ترتیب

ربا بنده کبالت (II) و آمونیاک اند. سرعت تشکیل کمپلکس μ - پروکسو، یعنی واکنش مستقیم در معادله (۲) در 25°C و در محلول غلیظ آمونیاک در ردیف 10^2 تا $10^8 \text{M}^{-2}\text{s}^{-1}$ است. مطالعات سینتیکی نشان می‌دهند که سرعت واکنش در معادله (۲) و سرعتهای واکنشهای معادلات (۳) و (۴) مشابه بوده، در ردیف 10^5s^{-1} است، و این طور استدلال شده که مرحله تعیین کننده سرعت شامل انتقال الکترون از یون پل دهنده پروکسید به Co^{III} است. از روی ثابتهای سرعت پیدا است که تعادل در معادله (۲) کاملاً به سمت راست قرار دارد و این تعادل در دمای اتاق برقرار می‌شود.

مسائلی را که می‌توان با استفاده از کمپلکسهای کبالت (II)-

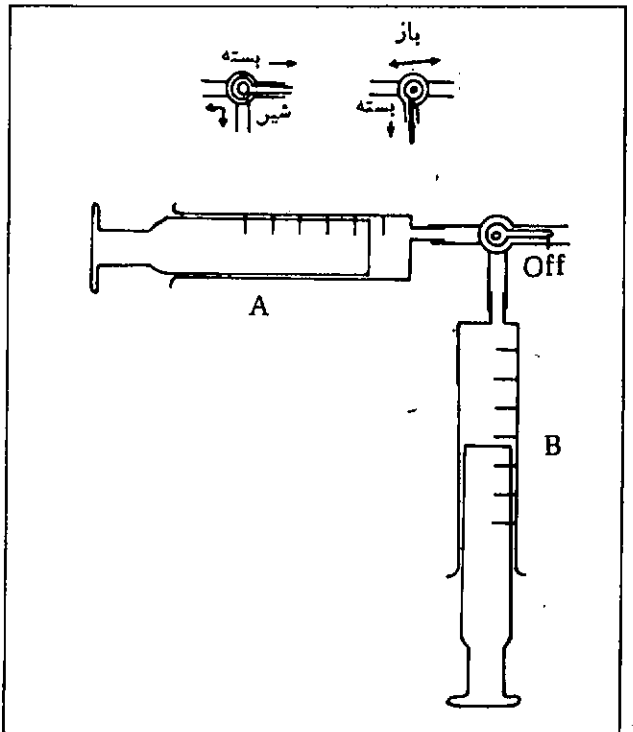
آمین به عنوان جاذب برگشت پذیر اکسیژن حل کرد.

واکنشهای تشکیل و تجزیه کمپلکس μ - پروکسو به نظر می‌رسد که به عنوان یک وسیله آموزشی، واکنشهای مطلوبی باشند. نخست سعی کردیم با استفاده از این واکنشها دستور کاری برای تخمین مقدار اکسیژن جو پیدا کنیم. بدین منظور شرایطی را جستجو کردیم که برای انجام آزمایش توسط دانش آموزان در یک کلاس ۵۰ دقیقه‌ای مناسب باشد. نکات اصلی به قرار زیر است:

۱- غلظت و حجم مناسب محلولهای واکنشگر: برای به

دست آوردن نتایج دقیق، حجم اکسیژنی که می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم باید از ۱۰ mL (۵/۵ mmol) بیشتر باشد. چنین حجمی نیز برای شناسایی گاز، حجم مطلوبی است. برای جذب ۱ میلی مول اکسیژن، حداقل ۲ میلی مول Co^{II} (۲ mL از محلول ۱M) لازم است. نسبت مولی $[\text{NH}_3] : [\text{Co}^{II}]$ را به وسیله تغییر دادن حجم محلول ۵M آمونیاک تنظیم می‌کنیم. برای آزادسازی اکسیژن محلول ۵M اسید کلریدریک با محلول ۵/۲M $\text{Na}_2\text{H}_2\text{edta}$ مناسب است. با به کار بردن چنین محلول‌های غلیظی می‌توان کل حجم مخلوط واکنش را در سطح مطلوبی نگهداشت.

۴- ابزار کار: هرگاه انتقال گاز از یک ظرف به ظرف دیگر مورد نظر باشد باید از جذب ناخواسته و نشت گاز جلوگیری شود. در این مورد سرنگ طبی به عنوان ظرف واکنش مناسب است. یک سرنگ شیشه‌ای به حجم ۱۰۰ mL برای نمونه برداری از هوا و سرنگهای پلاستیکی کوچک یک بار مصرف نیز برای نقل و انتقال محلول‌هایی از قبیل EDTA مناسبند. شیرهای سه راهی طبی یک بار مصرف نیز برای مرتبط کردن سرنگها و بستن سر آنها راحت و مناسب است.



شکل ۴- طرز استفاده از یک شیر سه‌راهی یک بار مصرف. در ارتباطی که نشان داده شده می‌توان گاز یا مایع را از سرنگ A به سرنگ B تزریق کرد.

۳- بهترین نسبت مولی $[\text{Co}^{II}] : [\text{NH}_3]$ برای جذب اکسیژن: موقی که نسبت $[\text{Co}^{II}] : [\text{NH}_3]$ در گستره ۶ تا ۷ باشد زمان لازم برای جذب کامل اکسیژن به حداقل می‌رسد. مقدار بیشتر آمونیاک ممکن است به تشکیل $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ که واکنش پذیری کمتری دارد منجر شود.

۴- زمان لازم برای برقرار شدن تعادل: برای جذب کمی ۲۰ mL ~ اکسیژن از ۱۰۰ mL هوا مدت ۵ دقیقه کفایت می‌کند. هر اندازه مقدار کمپلکس Co^{II} به اکسیژن بیشتر باشد، جذب اکسیژن سریعتر انجام می‌گیرد. از نقطه نظر عملی صد درصد اضافی کمپلکس، مناسبترین حالت است. برای آزادسازی اکسیژن حدود ۱۰ دقیقه وقت لازم است.

۵- بهترین روش برای آزادسازی اکسیژن: برای آزاد سازی اکسیژن از کمپلکس μ - پروکسو هریک از دو محلول اسید کلریدریک یا EDTA را می‌توان به کار برد. در مورد اسید کلریدریک، حدود ۲۰٪ اضافی اسید نسبت به کمپلکس مناسب است. ولسی، واکنش خنثی شدن آمونیاک موجب افزایش نسبتاً قابل ملاحظه دما می‌شود (به قسمت زیر رجوع شود). در مورد EDTA، بیش از ۱/۵ برابر نسبت مولی EDTA به کبالت برای آزادسازی کمی اکسیژن لازم است. واکنش اخیر نسبت به واکنش آزادسازی به وسیله اسید کلریدریک خیلی کندتر است و ۱۰ دقیقه وقت لازم دارد. آمونیاک آزاد شده در محلول باقی می‌ماند.

۶- اثر دما: در واکنشهای ۱ تا ۳ تنها مقدار کمی گرما آزاد می‌شود. تغییر دما در این واکنشها حداکثر ۳°C بود و تأثیر دما روی حجم گاز حدود ۳٪ است. در واکنش ۴ بین کمپلکس دو هسته‌ای و اسید کلریدریک مقدار قابل ملاحظه‌ای گرما بیشتر به خاطر خنثی شدن آمونیاک آزاد می‌شود و دمای محلول به ۱۹°C بالاتر از دمای اتاق می‌رسد و در نتیجه حجم گاز حدود ۶٪ افزایش می‌یابد. حجم گاز را باید از روی درجه بندی سرنگ پس از خنک کردن آن زیر شیر آب و رسیدن دمای گاز به دمای اتاق، خوانند.

روش کار

آزمایش زیر توسط دانش آموزان با توجه به نتایجی که

در بالا شرح داده شد، انجام گرفته است.

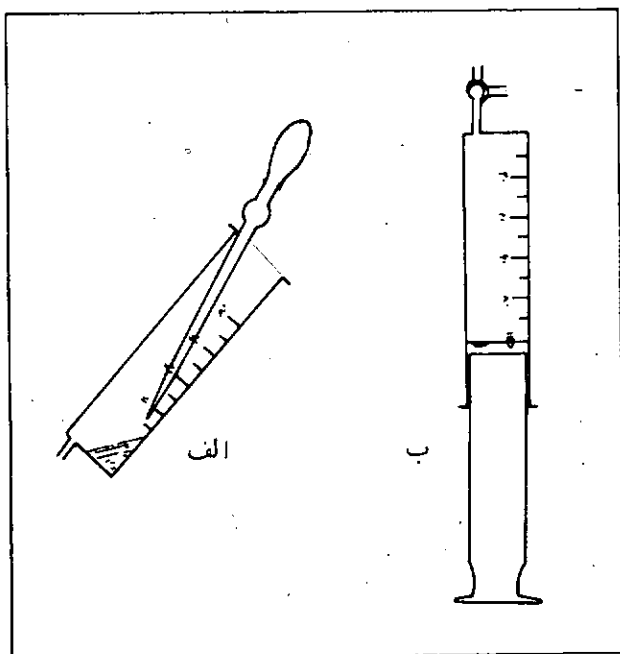
مواد لازم

سرنگ ۱۰۰mL (درجه بندی سرنگ همیشه دقیق نیست، شاید لازم باشد که آن را مدرج کنیم)
سرنگ ۵۰mL يك بار مصرف
شیر سه راهی (در صورتی که شیر سه راهی يك بار مصرف در اختیار نباشد، می توان از يك تکه لوله تفلون به قطر داخلی ۳mm ~ و طول ۳۰mm و يك گیره فتری برای قطع و وصل ارتباط سرنگها استفاده کرد)
مزور مدرج ۱۰- mL
مزور مدرج ۱۰۰mL
۲ پی بت (۵mL ~) با حباب لاستیکی
ارلن مایر ۱۰۰- mL
ظرف جمع آوری گاز
محلول ۱M CoCl_2
 NH_3 ۱۰M »
 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Yedta}$ ۰/۲M »
 HCl ۵M »

برای انجام این آزمایش آب مقطر لازم نیست مگر اینکه سختی آب بالا باشد.

جذب اکسیژن. محلول کمپلکس Co^{II} آمین را به طریق زیر تهیه می کنیم. از سرنگ ۱۰۰- mL پیستون آن را خارج کرده و به کمک پی بت دارای حباب لاستیکی (شکل ۳ الف) به آرامی چهار میلی لیتر CoCl_2 و پنج میلی لیتر محلول آمونیاک را پی در پی وارد سرنگ می کنیم بلافاصله پیستون را سر جای خود قرار داده و به سرعت ۱۰۰mL هوا به داخل آن می کشیم (شکل ۳ ب). سپس دهانه سرنگ را به وسیله شیر سه راهی می بندیم (نمونه برداری از هوا باید به سرعت انجام گیرد و حجم آن اندازه گیری شود در غیر این صورت مقداری از هوا توسط محلول کبالت (II) قبل از انجام هر گونه آزمایشی جذب می شود). سرنگ را به مدت ۵ دقیقه تکان می دهیم و سپس حجم گاز را اندازه می گیریم (کامل بودن واکنش را می توان با اندازه گیری مجدد حجم گاز پس از ۳۰ تا نیمه دیگر تکان دادن سرنگ، تأیید کرد).

برای انجام این آزمایش همچنین می توان از محلول ذخیره کمپلکس استفاده کرد. برای تهیه محلول ذخیره به طریق زیر عمل می کنیم. در يك بشر ۱۰۰- mL، ۱۵mL محلول ۴M کلرید آمونیوم و ۱۵mL محلول ۱۰M آمونیاک را مخلوط می کنیم سپس پارافین مایع اضافه می نمایم تا لایه ای حدود ۱cm بر روی محلول به وجود آید. سرانجام، ۲۰mL محلول ۱M CoCl_2 می افزاییم و محلول را به آرامی تکان می دهیم به نحوی که فاز آبی با هوا تماس پیدا نکند. این محلول ذخیره را می توان برای چند روز نگهداشت بی آنکه قابلیت آن برای جذب اکسیژن از بین برود. جذب اکسیژن به وسیله محلول ذخیره را به صورت زیر انجام می دهیم. با سرنگ ۱۰۰- mL، مستقیماً ۱۰mL از محلول ذخیره را با بالا کشیدن پیستون وارد سرنگ می کنیم سپس ۱۰۰mL هوا به درون سرنگ کشیده و دهانه سرنگ را با شیر سه راهی می بندیم. این سرنگ را به مدت ۳ دقیقه برای انجام واکنش ۲ تکان می دهیم. برای شناسایی گاز باقیمانده و آزاد سازی اکسیژن به طریق زیر عمل می کنیم.



شکل ۳- آزمایش جذب اکسیژن به کمک سرنگ ۱۰۰- mL (الف) محلولهای CoCl_2 و NH_3 را به طور متوالی در سرنگ وارد کرده.

(ب) پیستون سرنگ را در جای خود قرار داده و به سرعت ۱۰۰mL هوا به درون سرنگ می کشیم و دهانه سرنگ را با يك شیر سه راهی می بندیم.

جمع آوری نیتروژن و شناسایی آن. گاز باقیمانده در سرنگ را در يك ازلن یا بالن نه گرد که آن را پراز آب کرده و در يك ظرف پراز آب وارونه نموده ایم از طریق جا به جایی آب، جمع آوری می کنیم با وارد کردن يك کبریت مشعل در این گاز مشاهده می کنیم که کبریت خاموش می شود.

آزاد سازی اکسیژن. محلول اسید کلریدريك (5 mL) یا محلول EDTA (30 mL) را در يك سرنگ 50 mL که به سرنگ 100 mL از طریق يك شیر سه راهی متصل شده است و دارای محلول کمپلکس کبالت است، وارد می نماییم (شکل ۲). واکنشگر موجود در سرنگ 50 mL را به درون سرنگ 100 mL می فرستیم و سپس شیر را بسته و سرنگ 50 mL را جدا می کنیم. سرنگ 100 mL را حدود ۱۵ دقیقه تکان می دهیم و حجم گاز آزاد شده را یادداشت می کنیم.

شناسایی اکسیژن. گاز درون سرنگ را در ازلن یا بالن نه گرد پراز آب که روی ظرفی پراز آب وارونه شده از طریق جا به جایی آب جمع آوری می کنیم و وجود آن را به وسیله مشتمل شدن يك کبریت نیم افروخته نشان می دهیم.

نتایج

این آزمایش را در واقع در دو مدرسه راهنمایی و شش دبیرستان، هم در کلاس درس و هم در فعالیتهای فوق برنامه اجرا کرده ایم و نتایج این آزمایشها به طرح روش اصلاحی مندرج در این مقاله انجامیده است.

نتایج بدست آمده توسط يك مربی و همچنین دانش آموزان، در جدول داده شده است. ارقام مربوط به مقدار اکسیژن قابل تکرار و به طور کلی رضایت بخش است. روشهای به کار گرفته شده در این آزمایش ساده بوده و حتی دانش آموزانی که مهارتی نداشتند توانستند به نتایج رضایت بخشی برسند. چنین به نظر می رسد که محلول CO^{II} آمین نسبت به محلول پیرو گالل از جنبه های مختلف برتر باشد:

- ۱- اکسیژن جذب شده را می توان به طور برگشت پذیر آزاد کرد و شناسایی کرد.
- ۲- واکنشگرهای به کار رفته در این روش در مقایسه با محلول شدیداً قلیایی پیرو گالل خطر کمتری دارند.

۳- واکنشهای ۱-۴ قابل فهم و جالب توجهند و علاقه دانش آموزان را به شیمی کمپلکسهای فلزات واسطه به خصوص کمپلکسهای مثل هموگلوبین که در ارگانهای زنده وجود دارند، جلب می کند.

کار برد

جذب اکسیژن به وسیله محلول کبالت (II) - آمین را می توان برای موارد دیگر هم که تعدادی از آنها در زیر شرح داده شده، به کار برد.

۱- آزاد شدن آنزیمی اکسیژن از پروکسید هیدروژن به وسیله کاتالاز. دو سرنگ، یکی دارای 15 mL محلول $1/5\% \text{ H}_2\text{O}_2$ و دیگری دارای $0/2$ گرم جگر مرغ در آب فرو می کنیم و به مدت ۵ دقیقه در دمای آب نکه می داریم. این دو سرنگ را سپس از آب خارج کرده و به وسیله يك شیر سه راهی آنها را به یکدیگر متصل می کنیم و محلول H_2O_2 را به سرنگ دیگر تزریق می کنیم. بلافاصله شیر را می بندیم به طوری که دهانه سرنگ حاوی جگر بسته شود و پس از جدا کردن سرنگ خالی، سرنگ محتوی جگر را مجدداً در آب با دمای معین فرو می بریم و آزاد شدن گاز را مشاهده می کنیم پس از يك دقیقه سرنگ را خارج کرده يك سرنگ خالی به آن وصل نموده و گاز سرنگ اول را به دومی منتقل می کنیم سپس این گاز را با روشهایی که قبلاً برای جذب و آزاد سازی اکسیژن شرح دادیم برای شناسایی آن به عنوان اکسیژن، مورد آزمایش قرار می دهیم و حجم اکسیژن را اندازه می گیریم. این آزمایش را در چندین دمای دیگر تکرار می کنیم و حجمهای اکسیژن آزاد شده را در مقابل دما به صورت نمودار رسم می نماییم. یکی از نتایج حاصل توسط دانش - آموزان دبیرستانی در شکل ۴ نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می شود برای فعالیت آنزیمی کاتالاز يك دمای حداکثر وجود دارد و این نقطه مقابل فعالیت کاتالیزوری MnO_4 است که با افزایش دما به طور یکنواخت افزایش می یابد.

۲- تعیین ترکیب گاز باقیمانده از احتراق. موقعی که يك شمع را در ظرف سر بسته ای می سوزانیم پس از مصرف مقداری از اکسیژن گرچه هنوز کمی اکسیژن در ظرف باقی است، شمع خاموش می شود. مقدار اکسیژن باقیمانده را می توان با استفاده از محلول CO^{II} - آمین معین کرد.

نمونه‌ای از نتایج «مقدار اکسیژن جو»

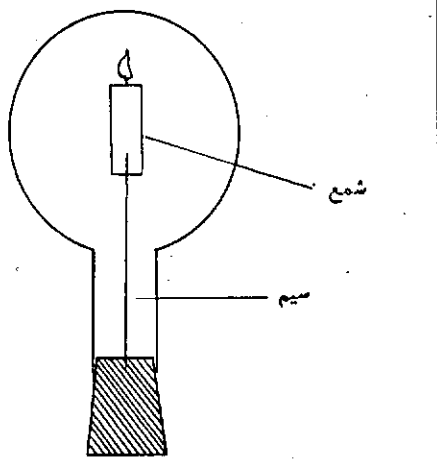
حجم هوا شده	۳ گاز جذب شده	درصد اکسیژن ۳ گاز آزاد شده به وسیله	درصد اکسیژن بازیابی شده
(mL)	(mL)	(mL) EDTA	

نتایج به دست آمده توسط مری

۱۰۰	۱۸	۱۷	۹۲
۱۰۰	۲۰	۱۸	۹۰
۱۰۰	۱۷	۱۸	۱۰۶
۱۰۰	۱۸	۱۷	۹۲

نتایج به دست آمده توسط دانش‌آموزان

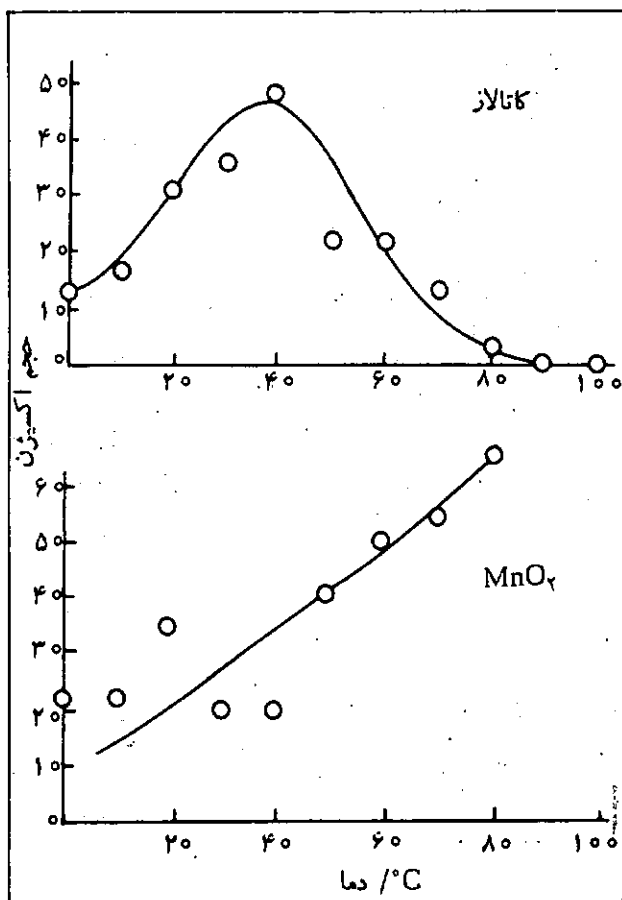
۱۰۰	۱۸	۱۴	۸۷
۱۰۰	۲۰	۱۲	۶۰
۱۰۰	۲۰	۱۲	۶۰
۱۰۰	۲۰	۱۷	۸۵



شکل ۵- ظرفی که برای تعیین ترکیب گازی که پس از احتراق باقی می‌ماند.

یک شمع در حال سوختن را در یک بالن ته‌گرد ۵۰۰ mL مطابق شکل ۵ قرار می‌دهیم. پس از خاموش شدن شمع، ۱۰۰ mL از نمونه گاز را با سرنگ برمی‌داریم سپس آن را طبق روشی که در بالا شرح دادیم با محلول Co^{II} -آمین ترکیب می‌کنیم. حجم گاز جذب شده را که با جمع O_2 و CO_2 مطابقت می‌کند اندازه می‌گیریم. دی‌اکسید کربن حاصل از احتراق نیز به وسیله محلول Co^{II} -آمین که قلیایی است جذب می‌شود. پس از خارج کردن گاز باقیمانده در سرنگ، به محلول درون سرنگ، محلول EDTA اضافه می‌کنیم. گاز آزاد شده باید اکسیژن باشد، زیرا CO_2 در محلول قلیایی باقی می‌ماند. نتایج به دست آمده به شرح زیر است: حجم گاز جذب شده به وسیله محلول Co^{II} -آمین، ۱۹ mL (CO_2 , O_2)؛ حجم گاز آزاد شده به وسیله EDTA، ۹ میلی‌لیتر (O_2). ترکیب گاز باقیمانده پس از احتراق از روی این داده‌ها ۹٪ O_2 و ۱۰٪ (V/V) CO_2 محاسبه می‌شود. به طوری که ملاحظه می‌شود شمع نمی‌تواند در فضایی که اکسیژن آن تا حد ۱۰٪ (V/V) تقلیل یافته به سوختن ادامه دهد.

این روش بسیار مناسب است چون مقدار اکسیژن و دی‌اکسید کربن به طور همزمان معین می‌شود. کاربردهای دیگر این روش، مثلاً برای تعیین ترکیب گاز آزاد شده با عمل فتوستنز به توسط گیاهان سبز و مقدار اکسیژن در بازدم پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴- اثر دما بر روی سرعت آزاد شدن اکسیژن به وسیله اثر کاتالیزوری کاتالاز و MnO_2 .

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

تهیه سود

به روش الکترولیز

دکتر هوشنگ اسلامی
دانشیار دانشگاه تربیت معلم

هیدروکسید سدیم (سود) از فرآورده‌های پر مصرف در صنایع شیمیایی است. مهمترین مصرف سود در تهیه شوینده‌ها مانند صابون و پودرهای شوینده، پالایشگاهها، تهیه ترکیبات قلیایی سدیم، تصفیه و خالص کردن بوکسیت‌ها و تهیه آلومین جهت الکترولیز و تهیه آلومینیم و همچنین مصرف در آزمایشگاهها و مراکز تحقیقاتی است. سود از زمانهای قدیم مورد استفاده بشر بوده و در صنایع صابون سازی از سستشوی خاکستر که دارای مقدار کمی کربنات سدیم است و اضافه کردن شیر آهک به سباب سستشو، سود تهیه می شده است. در قرن اخیر ابتدا سود را به روش لبلان می ساختند ولی امروز آنرا به روش سلوی تهیه می کنند. (در این مقاله) تشریح مراحل عمل در این دو روش مورد بحث ما نیست بلکه (متداولترین روش تهیه سود یا روش الکترولیز در حالت محلول را بررسی می کنیم. در عمل الکترولیز از محلول

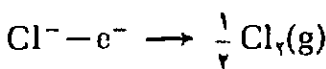
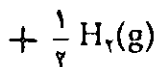
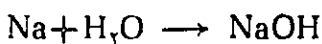
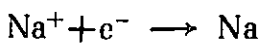
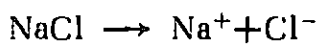
توسعه یافته و روش دوم در اروپا متداول است.

۱- روش دیافراگم

دیافراگم، جدار یا پرده مخصوص است که دو منطقه کاتد و آنود را از هم جدا می کند. این جدار باید در مقابل عبور یونها تراوا باشد و یونهای Na^+ و Cl^- حاصل از تفکیک نمک را از خود عبور دهد و در عین حال در مقابل عبور یونها مقاومت زیادی نداشته باشد تا راندان صنعتی حاصل قابل توجه و مصرف الکتروسیته در حداقل ممکن باشد.

بر حسب نوع دیافراگم سه نوع دستگاه صنعتی ساخته شده که شامل دیافراگم عمودی غوطه‌ور در محلول، فیلتر کننده عمودی و فیلتر کننده افقی است.

در روش دیافراگم، ابتدا محلول تازه‌ای از نمک طعام تهیه و وارد محوطه آندی می شود و پس از الکترولیز از محوطه کاتدی خارج می شود. این محلول در موقع خروج دارای مقداری سود است. تهیه سود طبق واکنش‌های زیر انجام می شود:



اگر دیافراگم از نوع غوطه‌ور باشد باید سطح مایع در محوطه الکترولیز ثابت بماند. در مورد دیافراگم فیلتر کننده، محلول حاصل از عمل الکترولیز به وسیله دیافراگم فیلتر شده، وارد محوطه کاتدی می شود. کاتد شامل صفحه یا ظرف آهنی است که به وسیله دیافراگم پوشیده شده و عمل

کلرید سدیم استفاده می شود. روش الکترولیز نمک طعام ابتدا جهت تهیه کلر تکمیل و توسعه یافت و امروزه نیز به علت مصرف روزافزون کلر در صنایع پتروشیمی و توسعه سود است. تهیه سود جزء فرآورده‌های فرعی این الکترولیز می باشد. فرایند الکترولیز نمک طعام در ظاهر ساده به نظر می رسد ولی در عمل با مشکلاتی روبه‌روست که مهمترین آنها جز آنکه داشتن محلول سود حاصل است که تحت تاثیر گاز کلر قرار نگیرد و منجر به واکنش‌های فرعی نشود. برای این کار دو روش متداول است: (روش اول عبارت است از کاربرد دیافراگم مخصوص به صورتی که منطقه کاتدی و آندی را از هم جدا کند.

(روش دوم عبارت است از روش کاتد جیوه‌ای یا روش ملغمه که سبب انحلال سدیم در جیوه و جدا شدن آن از محلول می شود) سپس در سلول دیگری سدیم جدا و به سود تبدیل می شود. روش اول بیشتر در آمریکا

فیلتر به وسیله این دیافراگم انجام می‌شود. عملاً دیافراگم مانند لفاف صفحه مشبکی را که در کاتد نصب شده می‌پوشاند (نوع فیلتر کننده). آند از گرافیت مصنوعی است که در طرف دیگر دیافراگم قرار دارد و فاصله‌اش نزدیک به دیافراگم است. زیرا اگر فاصله کاتد و آند زیاد باشد به علت بالا بودن مقاومت الکتریکی در الکترولیت‌ها هدایت به خوبی صورت نمی‌گیرد و راندمان عمل کاهش می‌یابد. دمای مناسب برای الکترولیز ۸۰ تا ۹۰°C است. بالا بودن دما سبب کاهش ویسکوزیته محلول و همچنین کاهش سولوانه شدن یونهای سدیم می‌شود و قابلیت هدایت محلول را افزایش می‌دهد. ولسی بالا رفتن دما از ۹۰°C به علت افزایش فشار بخار آب در عمل الکترولیز اختلال ایجاد می‌کند.

دیافراگم باید علاوه بر خواص ذکر شده در مقابل عوامل اسیدی و بازی و اکسید کننده مقاوم باشد. جنس دیافراگم از آمبانت است که به نام پنبه کوهی معروف است و به صورت ورقه‌هایی با ضخامت مخصوص تهیه می‌شود و با بتونه‌ای از سولفات باریم پر می‌شود که علاوه بر استحکام بخشیدن به آن منافذش را در حد دلخواه تنظیم می‌کند. در بعضی از دیافراگم‌ها از سلولز و کلرید پلی وینیل (P.V.C.) استفاده شده است. اخیراً از

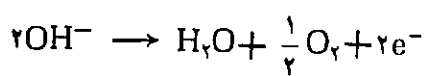
رزینهای مبادله کننده یون نیز استفاده شده است.

دیافراگم به علت رسوبهای مختلف که در سطح آن رسوب می‌کند و منافذ آن را مسدود می‌کند عملاً مقاومتش زیاد می‌شود و غیر قابل استفاده می‌شود. یک دیافراگم حدود ۲۰۰ روز دوام دارد و پس از آن باید تعویض شود.

دیافراگم‌های عمودی دارای معایبی

است که باید مسئله فشار هیدرواستاتیک در آن مورد توجه باشد. زیرا سرعت عبور مایع از جدار دیافراگم با فشار وارد بر آن متناسب است و اعمال فشار در دو طرف سلول در حالیکه دیافراگم به طور عمودی دو محوطه را از هم جدا می‌کند، عملاً مشکلات تکنیکی ایجاد می‌کند. ولسی دیافراگم‌های افقی مشکلات کمتری دارد و کنترل فشار در آن آسانتر است.

دستگاههای شامل دیافراگم که امروز متداول هستند به نام سلولهای هوکرز (Hookers) نامیده می‌شوند. سلول هوکرز معمولاً با جریانی در حدود ۱۰۰۰ آمپر کار می‌کند ولی سلول جدیدتر A_p Hookers با ۳۰۰۰۰ آمپر عمل می‌کند. در این سلول آب نمک به کار رفته شامل ۲۷٪ کلرید سدیم است که در اثر الکترولیز تبدیل به محلولی شامل ۱٪ سود، ۱۴٪ کلرید و ۵٪ کرات سدیم می‌شود و راندمان جریسان در حدود ۹۷٪ است. همانطوریکه ملاحظه می‌شود عبور مقدار کمی کلر از دیافراگم و اثر بر سود، هیپوکلریت و کرات سدیم ایجاد می‌کند که به عنوان یک واکنش مزاحم به حساب می‌آید. مشکل دیگر این روش دشارژ OH^- بر روی آند گرافیت و اکسید شدن آند است که سبب خوردگی و فرسودگی آن می‌شود.



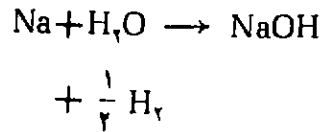
۲- روش کاتد جیوه‌ای

روش کاتد جیوه‌ای خیلی ظریف است و باید با دقت زیاد انجام پذیرد و مستلزم دستگاههای مفصل است. راندمان انرژی در این روش خیلی کمتر از روش قبل است (۴۸ تا ۵۶٪ با مقایسه با ۶۰ تا ۶۵٪ روش

دیافراگم). از محاسن روش کاتد جیوه‌ای ایجاد محلولی است نسبتاً خالص و غلیظ که شامل ۵ تا ۷۰٪ سود می‌باشد. اساس کلی این روش مربوط به انحلال سدیم در جیوه و تشکیل ملغمه می‌باشد. بنابراین اگر کاتد از جیوه انتخاب شود پس از انجام عمل الکترولیز و حرکت Na^+ به سمت کاتد جیوه‌ای و پس از تبادل الکترون و تشکیل فلز سدیم قبل از اینکه با آب واکنش دهد و محلول سود ایجاد کند در جیوه حل می‌شود و ملغمه جیوه می‌دهد. اگر این ملغمه در محیط باقی بماند در اثر آب تجزیه می‌شود و سود و هیدروژن ایجاد می‌کند و سود حاصل با کلر موجود ترکیب می‌شود و آب ژاول می‌دهد. بنابراین باید به طریقی ملغمه تشکیل شده از محیط خارج شود. اولین بار در سال ۱۸۹۱ سلولسی توسط کاستنر (Castner) تهیه شد که با روش باسکول متناوب عمل می‌کرد و پس از مدتی که ملغمه تشکیل می‌شد با عمل باسکول شدن از محیط خارج می‌شد. این دستگاه به علت مشکلات عملی که داشت فعلاً کاربرد ندارد. پس از آن دستگاه جدیدی و سبیل سلوی (Solvay) تهیه شد که کاتد آن شامل ناودان باریکی است که جیوه در آن جریان دارد. حرکت جیوه در یک سیستم بسته انجام می‌شود و حرکت آن به کمک پمپ مخصوص انجام می‌شود. سرعت حرکت جیوه حدود ۱۵ تا ۱۷ سانتیمتر در ثانیه است که ملغمه و جیوه اضافی را از ظرف الکترولیز خارج می‌کند. الکترولیت شامل محلول نمک طعام ۲۶٪ است که به

علت جرم حجمی کمتری کسه دارد در بالای سطح جیوه قرار دارد. آند شامل میله گرافیتی است که در محلول غوطه‌ور است. دمای محلول بین ۶ تا ۷۰°C است. در اثر عمل الکترولیز حدود ۵٪ سدیم

حاصل از عمل الکترولیز در جیوه حل می شود و از ظرف الکترولیز خارج می شود. جیوه شامل ملغمه پس از خروج وارد سلول تجزیه کننده می شود. در این سلول ملغمه حاصل در جیوه در اثر تماس با آب به تدریج تجزیه می شود و سدیم آن با آب، سود و تییدروژن مسی دهد و از جیوه جدا می شود.



جیوه باقیمانده پس از جدا شدن سدیم مجدداً به ظرف الکترولیز برگشت می کند و این سیکل مرتباً ادامه دارد.

آب نمک نیز سیکلی را طی می کند تا همیشه مقدار نمک طعام آن ثابت بماند زیرا پس از عمل الکترولیز محلول باقیمانده حدود ۲۲ تا ۲۳٪ نمک خورد را از دست می دهد که پس از خروج از ظرف الکترولیز و اضافه شدن نمک به آن و تنظیم غلظت مجدداً به ظرف الکترولیز بر می گردد. مایعی که از برج تجزیه کننده خارج می شود شامل ۵۰٪ تییدروکسید سدیم است که در اثر گرم شدن و از دست دادن آب، مقدار سود آن به ۷۰ تا ۷۲٪ می رسد. دمای محلول جدید باید بالاتر از ۶۶°C باشد تا بتواند شامل ۷۰٪ سود باشد. دیافراگم (آب - سود) نشان مسی دهد که (NaOH · H₂O) در ۶۵/۱°C به بالا مذاب است و اگر دما کمتر از این درجه باشد این جسم به تدریج به فاز جامد تبدیل می شود.

سینتیک عمل تجزیه ملغمه کند است ولی تفکیک آن به کمک ایجاد امواج اولتراسون سرعت بیشتری پیدا می کند. گاهی از کاتالیزورهای مخصوص جهت سرعت بخشیدن به عمل تفکیک استفاده می شود.

روش جیوه ای علی رغم محاسن ذکر شده و عدم نیاز به دیافراگم دارای معایبی است. زیرا در اثر تجزیه زودتر از زمان مقرر ملغمه، مقداری تییدروژن در کاتد جیوه ایجاد می شود که با کلر مخلوط می شود وقتی مقدار تییدروژن افزایش یسافت مخلوط قابل انفجاری ایجاد می کند. مخصوصاً وقتی که مقدار تییدروژن به بیش از ۸٪ برسد بسیار خطرناک است و امکان انفجار زیاد است.

تغلیظ مخلوط الکترولیز شده

به طور کلی تهیه سود به روش دیافراگم، محلولی شامل ۸ تا ۱۲٪ سود می دهد. این محلول در بسیاری از صنایع کاربرد دارد و محلول به وسیله تانکرهای مخصوص حمل می شود. ولی به طور متداول سود را به صورت جامد تهیه می کنند.

محلولی که از عمل الکترولیز با دیافراگم حاصل می شود دارای مقدار زیادی نمک - طعام است، لذا باید این مخلوط خالص شود. محلول حاصل از عمل الکترولیز با کاتد جیوه ای معمولاً خالص است و مقدار سود آن حدود ۵۰٪ است. چنین محلولی می تواند مستقیماً مورد استفاده قرار گیرد ولی حمل و نقل آن باید در تانکرهای مخصوص انجام پذیرد و دمای محلول نباید از ۱۳ درجه سانتی گراد پایین تر نیاید زیرا امکان رسوب NaOH · H₂O وجود دارد. تغلیظ محلولهای رقیق در چند مرحله انجام می شود. اولین مرحله سودی با غلظت ۳۰٪ ایجاد می کند. مرحله دوم در خلاء نسبی ۶۵ سانتیمتر جیوه انجام می شود و محلولی با غلظت ۴۵ تا ۵۰٪ سود می دهد. چنین محلولی می تواند مستقیماً حمل شده و مورد استفاده قرار گیرد. اگر این محلول سرد شود مقداری از ناخالصی خود را از دست می دهد.

اگر منظور تهیه سود جامد باشد، عمل تغلیظ در دیگهای نیم کره ای با دهانه های کاملاً باز صورت می گیرد (جهت افزایش سطح تبخیر) و دمای نهایی به حدود ۵۰°C می رسد. اخیراً از تبخیرکننده های چند گانه نیز استفاده می شود. جنس دیگهای تبخیرکننده از فولاد است. این دیگها در اثر وجود هیپو کلریت موجود در محلول شدیداً خورده می شوند لذا باید به هر طریق که ممکن است میزان هیپو کلریت در دستگاهاای الکترولیز را به حداقل برسانیم.

امروزه برای جلوگیری از خوردگی و اکسید شدن دیگهای تغلیظ کننده آنها را از جنس نیکل خالص تهیه می کنند تا خوردگی به حداقل برسد و وجود زنگ زدگی دیگهای آهن سبب تغییر رنگ سود نشود. سود خالص را به شکلهای مختلف تهیه می کنند که شامل شمش های باریک، ورقه های پولکی شکل و یا حبه های مخصوص است. معمولاً در اثر هوای سردی که به کمک نیترژن مایع حاصل می شود سود را سرد و منجمد می کنند. برای تبدیل سود به دانه های ریز آن را به صورت قطره از برج مخصوص ریزش می دهند و به کمک هوای گرم و خشک که از پایین برج وارد می شود سبب تبخیر آب سود و انجماد آن می شوند.

خالص کردن سود

در روش تهیه سود به کمک الکترولیز، باید بعضی از ناخالصیهای موجود قبلاً جدا شوند. زیرا این ناخالصیها یا در ختم عمل در سود باقی می مانند و یا اینکه در عمل الکترولیز اختلال ایجاد می کنند. Ca و Mg و بعضی از فلزات سنگین می توانند به صورت هیدروکسید، منافذ دیافراگم را مسدود کنند و یا اینکه بر روی کاتد جیوه رسوب کنند و مانع عمل آنها

تشکیل می‌شود و دیگری شامل $\text{H}_2\text{O}/3/5$ ، NaOH است که در $15/9^\circ\text{C}$ تشکیل می‌شود. این دیاگرام شامل ۶ هیدرات است. ضمناً در دماهای 62°C ، و $28/7^\circ\text{C}$ - دارای اتکتیک است.

مشخصات فیزیکی

نقطه ذوب 321°C ، نقطه جوش 1385°C ، جرم حجمی در 25°C برابر $d=2/02$ گرم بر سانتیمتر مکعب. قابلیت هدایت الکتریکی

$$\lambda_1 = 2/82 \frac{1}{\text{cm} \times \text{م}} \text{ اهم}$$

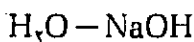
$$[1 + 3/9(t - 400)10^{-2}]$$

می‌باشد که در اثر افزایش ناخالصی‌ها قابلیت هدایت الکتریکی آن کم می‌شود.

در بعضی از صنایع به سود کاملاً خالص نیاز می‌باشد. در چنین مواردی محلول شامل ۳۸٪ سود را که محتوی کمی نمک طعام است تا حدود 60°C سرد می‌کنند در این صورت رسوب $\text{H}_2\text{O}/3/5$ NaOH حاصل می‌شود که درجه خلوص سود خیلی بالا است. حذف کلرات به کمک سولفات سدیم و در 100°C انجام می‌شود و مقدار آن به $0/0002\%$ می‌رسد.

دیاگرام آب - سود

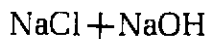
دیاگرام زیر سیستم دوتایی



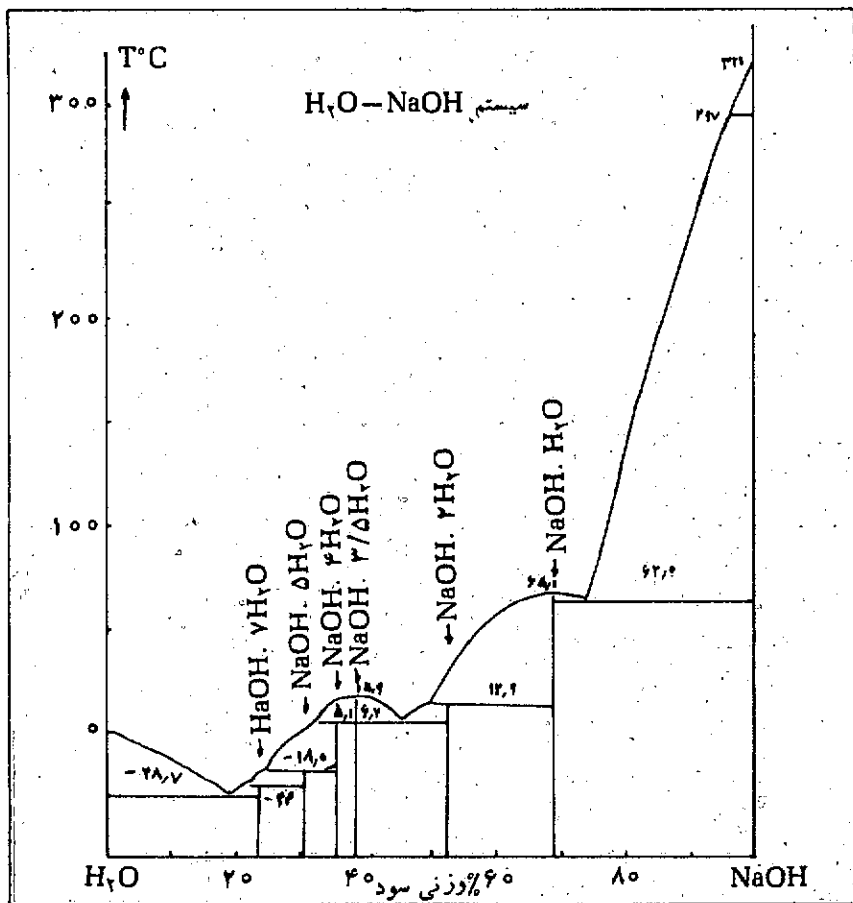
را نشان می‌دهد. این دیاگرام دارای دو هم ذوب ماکزیمم است که یکی شامل $\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ است که در $65/1^\circ\text{C}$

شوند. مخصوصاً یون Mg^{2+} باید دقیقاً جدا شود. عمل جدا کردن این ناخالصی‌ها معمولاً با اضافه کردن کمی سود یا کربنات سدیم به محلول آب نمک انجام می‌شود رسوبهای حاصل را با عمل فیلتر کردن جدا می‌کنند. سپس محلول را با اسید کلریدریک خنثی می‌کنند، به طوریکه محلول حاصل جهت عمل الکترولیز کمی اسیدی باشد. در الکترولیز با کاتد جیوه محلول آب نمک تازه را تحت اثر محلول آب نمکی قرار می‌دهند که از محوطه الکترولیز خارج می‌شود. مواد ناخالص آن رسوب می‌کند و جدا می‌شود. البته ابتدا باید کلر را از محلول کاملاً جدا کرد، آنیون سولفات نیز باید کاملاً حذف شود، زیرا این آنیون بر روی آندگرافیت اثر اکسیدکنندگی دارد و برای جدا کردن آن کمی کلرید باریم اضافه می‌شود.

محلول خارج شده از محوطه الکترولیز به کمک دیاگرامم شامل ۱۴ تا ۱۵٪ کلرید سدیم است. در حالیکه تیدروکسید سدیم آن ۱۱٪ می‌باشد. همچنین محلول دارای مقدار کمی کلرات است که شامل سیلیکات نیز در آن یافت شود. عمل تغلیظ صورت گیرد. وقتی غلظت محلول در اثر تغلیظ به ۴۳٪ سود رسید غلظت نمک طعام در چنین محلولی کاهش می‌یابد و در دمای معمولی انحلال نمک طعام در محلول به ۵/۸٪ می‌رسد و زیادی نمک طعام به کمک سود، بلورهای



ایجاد می‌کند که قسمت عمده آن کلرید سدیم است و وجود کمی سولفات به جدا کردن نمک طعام کمک می‌کند. در محلولهای غلیظ سود، غلظت سولفات در حد خیلی پائین باقی می‌ماند.



در سیستمهای منفرد مقدار جرم و انرژی همواره ثابت است.
 ۲- سیستم بسته (Closed system)، که با محیط خارج مبادله ماده ندارد ولی انرژی مبادله می‌کند. مانند بالن در بستنی که دارای مقداری آب بوده و روی چراغ در حال گرم شدن است. در این نوع سیستمها، جرم ثابت بوده ولی انرژی آن متغیر است.

۳- سیستم باز (Open system) که با محیط خارج هم انرژی مبادله می‌کند و هم ماده مانند مقداری آب در داخل یک کتری که در روی چراغ در حال جوشیدن است روشن است که در این نوع سیستمها نه مقدار جرم ثابت است و نه مقدار انرژی.

انرژی درونی (Internal energy) یک سیستم چگونه تغییر می‌کند؟

در یک سیستم بسته انرژی درونی سیستم ممکن است به دو طریق تغییر کند:

الف - مبادله انرژی گرمایی.

ب - مبادله کار.

وابستگی انرژی درونی سیستم را با انرژی گرمایی و کار مبادله شده به صورت $\Delta E = Q + W$ می‌توان نشان داد.

در مورد این رابطه باید دو نکته زیر را در نظر گرفت:

الف - ΔE ، Q و W باید از نظر واحد اندازه‌گیری یکسان باشند (مثلاً بر حسب ژول، کالری، و یا ارجک و...)

ب - در مواردی که سیستم انرژی گرمایی و یا کار جذب می‌کند، مقادیر آنها با علامت مثبت در رابطه بالا وارد می‌شوند، برعکس در مواردی که سیستم گرما یا کار از دست می‌دهد.

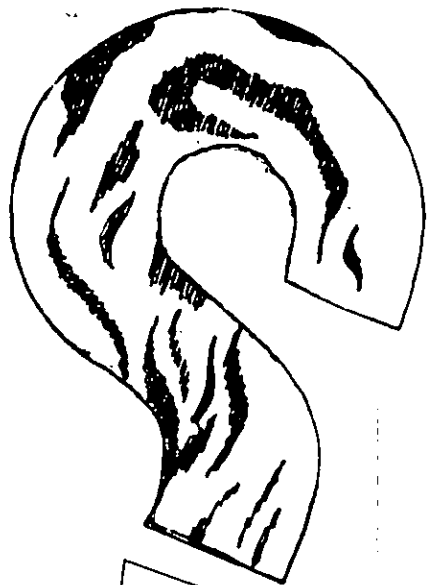
مقادیر کار و گرما با علامت منفی منظور می‌شوند.

مثال ۱- اگر سیستم بستنی با دریافت ۵۰۰ کالری گرما، ۱۰۰۰ ژول کار انجام دهد، تغییر انرژی درونی آن چقدر

است.

حل: چون هر کالری تقریباً برابر ۴/۱۸ ژول است انرژی مبادله شده را به ژول تبدیل کرده در فرمول قرار می‌دهیم

$$\Delta E = Q + W = 500 \times 4/18 - 1000 = 1090 \text{ ژول}$$



پرسش
و
پاسخ
حام امینی

پرسش ۱- آنتالپی یک سیستم چیست؟ و با انرژی درونی آن چه تفاوتی دارد؟

پاسخ - منظور از سیستم، مقداری محدود و معین از موادی است که از محیط اطراف خود مشخص شده و برای بررسی و مطالعه مورد نظر قرار گرفته است سیستمها را می‌توان بر حسب نوع رابطه آنها با محیط خارج به سه دسته تقسیم کرد:
 ۱- سیستم منفرد (Isolated system) که با محیط خارج نه انرژی مبادله می‌کند و نه ماده، مثلاً مقداری آب در یک فلاسک کاملاً عایق شده به منزله یک سیستم منفرد است.

در فرمول وارد می شود.

مثال - از حل شدن يك مول گاز كلريد هيدروژن در آب ۱۸ كيلو كالري گرما آزاد می شود، تغيير انرژي داخلي سيستم چقدر است؟

حل: چون مقدار گرمای مبادله شده معلوم است باید مقدار W را حساب کرد. کار مزبور از تغییر حجم سیستم در فشار ثابت ناشی می شود زیرا این تحول در فشار جو انجام گرفته است و انحلال گاز کلرید هیدروژن در آب با کاهش حجم سیستم همراه است یعنی سیستم از خارج کار دریافت کرده است.

نخست حجم يك مول كلريد هيدروژن را در دمای آزمایش (۲۷ درجه سانتیگراد یا ۳۰۰ درجه کلوین) محاسبه می کنیم. در صورتیکه کلرید هیدروژن را گاز کامل فرض کنیم:

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{1 \times 0.082 \times 300}{1} \approx 24.6 \text{ مول در لیتر}$$

سپس کار دریافت شده توسط سیستم را به دست می آوریم:

$$W = -P(V_2 - V_1) = -1(-24.6) = 24.6 \text{ لیتر آتمسفر}$$

(در این محاسبه از تغییر حجم محلول ضمن انحلال کلرید هیدروژن صرف نظر شده است) کار به دست آمده بر حسب لیتر آتمسفر است. هر لیتر آتمسفر تقریباً معادل ۲۴/۲۳ کالری است پس

$$W = 24.6 \times 24.23 = 596 \text{ cal}$$

تغییر انرژی درونی سیستم عبارت خواهد بود از:

$$\Delta E = Q + W = -18000 + 596$$

$$= -17404 \text{ cal} = 17.4 \text{ K cal}$$

حال به موضوع مورد بحث باز می گردیم

$$\Delta E = Q - P(V_2 - V_1)$$

سیستمهای شیمیایی می توانند دو نوع کار مبادله کنند:

- الف - کار حاصل از تغییر حجم.
 - ب - کار الکتریکی که ممکن است از یک پیل الکتروشیمیایی تأمین شود.
- کار حاصل از تغییر حجم در شرایط برگشت پذیر چنین محاسبه می شود

$$W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

در این رابطه، P فشار وارد بر سیستم و dV تغییر بسیار جزئی حجم سیستم است.

اکنون تغییر حالت سیستم را در دو مورد زیر در نظر می گیریم:

الف - تحول سیستم در حجم ثابت صورت گیرد. در این صورت $dV = 0$ پس مقدار W نیز برابر صفر است. در این صورت $\Delta E = Q_{(V)}$ یعنی تغییر انرژی درونی سیستم در

حجم ثابت برابر انرژی گرمایی مبادله شده است مثلاً اگر در حجم ثابت به گازی گرما بدهیم، و یا از آن بگیریم به همان اندازه به انرژی درونی آن افزوده (و یا کاسته) می شود:

ب - تحول سیستم در فشار ثابت انجام گیرد. در این صورت مقدار کار برابر است با:

$$W = -P(V_2 - V_1) = -P\Delta V$$

V_1 حجم اولیه و V_2 حجم سیستم پس از تحول است. ممکن است پرسیده شود که علامت منفی در این فرمول چه مفهومی دارد.

در پاسخ باید گفت در موردی که سیستم به خارج کار می دهد (مثلاً يك سیستم گازی منبسط می شود) تفاضل $V_2 - V_1$ مقدار مثبت را خواهد داشت زیرا V_2 بیشتر از V_1 است ولی باید در نظر داشت که چون سیستم به خارج کار داده است باید مقدار کار با علامت منفی در فرمول آورده شود. قرار دادن علامت منفی در فرمول برای تأمین همین منظور است برعکس در موردی که سیستم از خارج کار دریافت می کند (مثلاً موقمی که سیستم گازی فشرده می شود) مقدار کار نیز با علامت مثبت

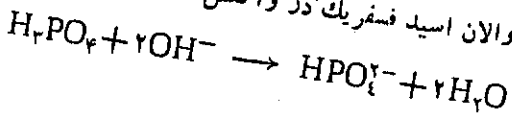
بر حسب مول کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{1}{3}$ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{6}$

در نیم واکنش فوق Fe^{2+} با جذب يك الکترون يك درجه تغییر عدد اکسیداسیون داده است چون در فرمول $Fe_2(SO_4)_3$ تعداد اتمهای Fe ، ۲ است باید تغییر عدد اکسیداسیون را در عدد ۲ ضرب کنیم بنابراین یکی والان $Fe_2(SO_4)_3$ برابر $\frac{1}{2}$ مول بوده و پاسخ (۱) درست است. روشن است که اگر مثلاً در متن تست به جای سولفات آهن (III)، کلرید آهن (III)، $FeCl_3$ مورد توجه قرار می گرفت در این صورت یکی والان آن برابر يك مول منظور می شد.

در ضمن ایشان در مورد تست ۲۲ صفحه ۶۳ کتاب شیمی سال چهارم نیز نامه مشابهی ارسال داشته اند متن تست چنین است.

یکی والان اسید فسفریک در واکنش:



بر حسب مول چیست؟

چون در این واکنش اسید فسفریک به صورت اسید دو پروتونی عمل کرده است یکی والان آن برابر $\frac{1}{2}$ مول است.

در صورتی که در کتاب سال چهارم برابر $\frac{1}{3}$ آمده است که

اشتباه چاپی است و در چاپ سال ۶۹ اصلاح خواهد شد.

پرسش ۳- آقای حسینعلی راهد از اداره آموزش و پرورش رامسر چند پرسش مطرح کرده اند که به بررسی آنها می پردازیم:

۱- در یکی از شماره های مجله رشد شیمی در پاسخ یکی از پرسشهای کنکور آمده است که پیوند هیدروژنی بین یونهاو آب پدید نمی آید، این عبارت مورد تردید است لطفاً توضیح دهید.

پاسخ - با انحلال نمک در آب کاتیونها و آنیونها نه توسط مولکولهای آب احاطه می شوند این پدیده به طوری

در نتیجه:

$$Q = \Delta E + P(V_2 - V_1)$$

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$Q(P) = (E_2 + PV_2) - (E_1 + PV_1)$$

با توجه به این که

پس:

$Q(P)$ گرمای مبادله شده در فشار ثابت است.

حال اگر $E_2 + PV_2$ را با H_2 و $E_1 + PV_1$ را با H_1 نشان دهیم خواهیم داشت:

$$Q(P) = H_2 - H_1 = \Delta H$$

H_1 آنتالپی سیستم در حالت اولیه و H_2 آنتالپی سیستم در حالت نهایی است. آنتالپی را محتوای گرمایی نیز می نامند. چون مطالعه اغلب فرایندهای شیمیایی در فشار ثابت صورت می گیرد. از همین رو تابع آنتالپی ($H = E + PV$)

و تغییر آن (ΔH) در شیمی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تابع آنتالپی (H) مانند انرژی درونی (E) بسک تابع حالت State function است یعنی تغییر آن به چگونگی راه و روش انجام تحول سیستم بستگی ندارد و تنها تابع

حالت اولیه و نهایی سیستم است. در پایان لازم به یادآوری است که اندازه گیری آنتالپی مطابق يك سیستم امر بسیار دشواری بوده و غالباً ناممکن است. اما اندازه گیری تغییرهای آن در فشار ثابت که برابر همان گرمای مبادله شده است. یکی از

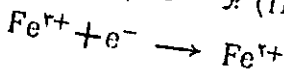
کارهای عادی آزمایشگاهی است.

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \Delta E + P\Delta V = Q(P)$$

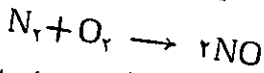
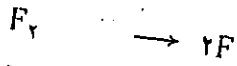
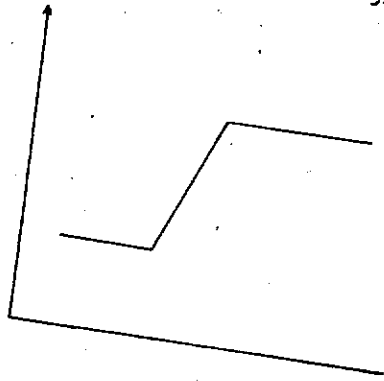
پرسش ۲- آقای شهرام رضایی دانش آموز سال سوم دبیرستان دکتر مفتاح شهرستان بابل خواسته اند که در مورد پاسخ درست شماره ۱۸ صفحه ۹۲ کتاب شیمی سال سوم توضیح داده شود.

پاسخ - متن تست مورد بحث چنین است:

یکی والان سولفات آهن (III) بر اساس نیم واکنش:



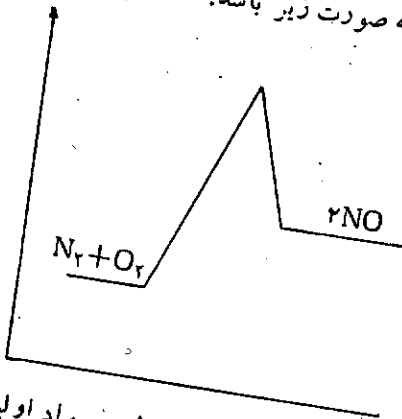
لازم به یادآوری است که گزینه (ج) نمی تواند مورد قبول باشد زیرا NF_3 شکل هندسی متقارن دارد درحالیکه در متن تست نامتقارن قلمداد شده است.



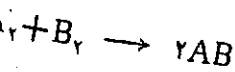
(الف)

(ب)

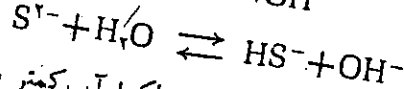
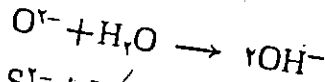
پاسخ - این منحنی مربوط به گزینه (الف) است زیرا در آن پیوند گسسته شود و سطح آنالهی مواد بالا رفته ولی پیوندی تشکیل نشده است. در صورتیکه در گزینه (ب) پیوند جدید تشکیل شده است، در صورتی منحنی مربوط به گزینه (ب) خواهد شد که به صورت زیر باشد:



۴- اگر E_1 و E_2 محتوای انرژی مواد اولیه و حاصل باشد گرمای مولی واکنش



می دانیم هیدراتاسیون نام دارد. در صورتی که کاتیون نمک E° کم داشته باشد (مانند فلزهای قلیایی) نیروی جاذبه بین کاتیونها و مولکولهای آب را می توان از نوع جاذبه الکتروستاتیک دانست و نمی توان آن را پیوند هیدروژنی قلمداد کرد در صورتی که کاتیون E° بالا داشته باشد (فلزهای پایین هیدروژن) مانند $Cu(H_2O)_4^{2+}$ ، بسیاری آنیونها نیز در آب هیدرولیز می شوند. مانند:



بنابراین پیوند هیدروژنی بین یونها و مولکول آب کمتر به طور پایدار تشکیل می شود گرچه نمی توان آن را به طور کلی منتفی دانست مانند $H-O \dots F^-$ و ...

۲- پاسخ درست تست ۱۲ فصل اول کتاب سال چهارم چیست؟

پاسخ - متن تست چنین است: باوجود تشابه فرمول مولکولی، مولکول BF_3 غیر قطبی و مولکول NF_3 قطبی است زیرا...

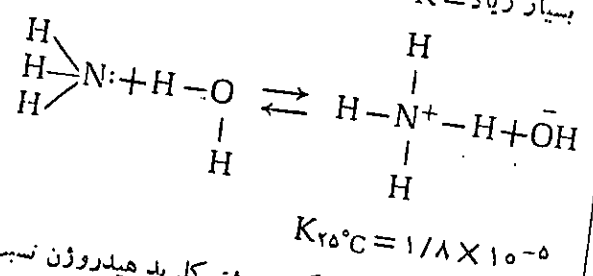
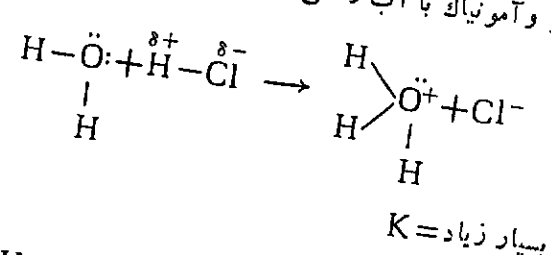
الف - پیوند $N-F$ قطبی و پیوند $B-F$ غیر قطبی است.
ب - BF_3 برخلاف NF_3 فاقد جفت الکترون غیر پیوندی است و شکل سطح و متقارن دارد.
ج - NF_3 شکل هندسی نامتقارن اما BF_3 شکل هندسی متقارن دارد.

د - هیبریداسیون اوربیتالهای نیتروژن از نوع sp^3 و در مورد بور از نوع sp^2 است.

پاسخ درست این تست گزینه «ب» است زیرا در BF_3 اتمهای فلور و بور در بخش شده اند که بر آیند بارهای منفی بر بارهای مثبت منطبق می شود ولی در NF_3 بر آیند بارهای مثبت و منفی بر یکدیگر منطبق نمی شود.

۷- در کتاب معلم سال چهارم «عادت خاصیت اسیدی در محلول HCl و خاصیت بازی NH₃ در آب» را خواسته جواب آن چیست؟

پاسخ - مولکول آب از آنجا که هم دارای اربیتال دو الکترونی قابل واگذاری و هم دارای هیدروژن با قطبیت کافی است می تواند در مقابل پروتون دهنده های قویتر از خود (مانند HCl) نقش بازی و در مقابل پروتون گیرنده های قویتر از خود (مانند آمونیاک) نقش اسیدی داشته باشد. واکنشهای HCl و آمونیاک با آب را می توان چنین نشان داد:



علت قدرت پروتون دهنده گسی بیشتر کلرید هیدروژن نسبت به آب آن است که طول پیوند آن بیشتر بوده و قطبیت پذیری آن زیاد است. و همچنین علت پروتون گیرندگی بیشتر آمونیاک نسبت به آب را می توان در الکترونگاتیوی کمتر نیتروژن و تحرک نسبی بیشتر اربیتالهای غیر پیوندی آن دانست. با مقایسه قدرت بازی محصولات عمل نیز می توان تفاوت پیشرفت دو واکنش را توجیه کرد. چون قدرت بازی یون OH⁻ از Cl⁻ زیادتر است واکنش معکوس در معادله دوم (نسبت به معادله اول) پیشرفت بیشتری دارد و برعکس واکنش مستقیم آن (آمونیاک با آب) تمایل زیادی به پیشرفت نخواهد داشت.

در اینجا فرصت را غنیمت دانسته به اطلاع آقای حسینعلی راهب و سایر خوانندگان می رسانیم که کتاب معلم سال اول و دوم دبیرستان هنوز از چاپ خارج نشده است.

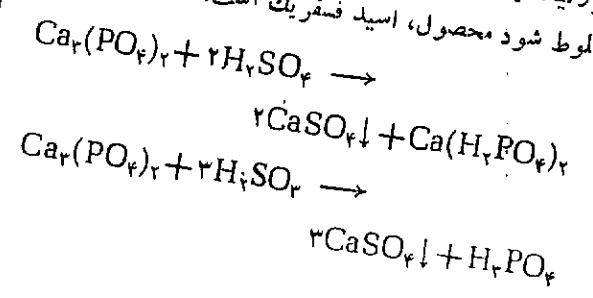
چه رابطه ای به است می آید؟ اگر از رابطه $\Delta E = \frac{1}{\nu} (E_1 - E_2)$ است آید یا علامت ΔE و ΔH (انرژیهای پیوندی) یکی اهد بود.

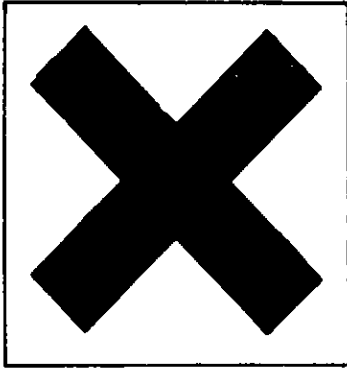
پاسخ - همانطور که در پرسش مزبوط به آتالیپی بحث شده در مواردی که واکنش در فشار ثابت انجام شود، گرمای تبادل شده باید با ΔH مشخص شود (نه با ΔE) بنابراین در صورتیکه منظور گرمای واکنش (صرف نظر از علامت آن) مورد نظر باشد از رابطه $\frac{H_2 - H_1}{2}$ و در صورتیکه با در نظر گرفتن علامت یعنی گرمازا یا گرماگیر بودن آن نیز مورد نظر باشد باید از رابطه $\frac{H_1 - H_2}{2}$ استفاده کرد.

۵- چرا انرژی پیوندی ترکیبهای هیدروژن دار دوره دوم دارای بی نظمی است؟ یعنی انرژی پیوندی N-H کمتر از C-H است؟

پاسخ - انرژی پیوندی در دوره دوم (و همچنین سایر دوره ها) میانگین مجموع انرژیهای تمام پیوندهای اتم مرکزی است. به نظر می رسد چون کربن تمام الکترونهاي لایه ظرفیت خود را در تشکیل پیوند شرکت می دهد انرژی پیوندی آن از مقدار مورد انتظار (در مقایسه با نیتروژن) بیشتر باشد.

۶- در چه شرایطی از اسید سولفوریک، سولفات کلسیم سوپرفسفات، و در چه صورتی اسید فسفریک تهیه می شود. پاسخ - در صورتیکه يك مول فسفات کلسیم با دو مول اسید سولفوریک مخلوط شود، محصول عمل سوپرفسفات و در صورتیکه يك مول فسفات کلسیم با سه مول اسید سولفوریک مخلوط شود محصول، اسید فسفریک است:





۱) Harmful

علائم
هشدار دهنده

بین المللی

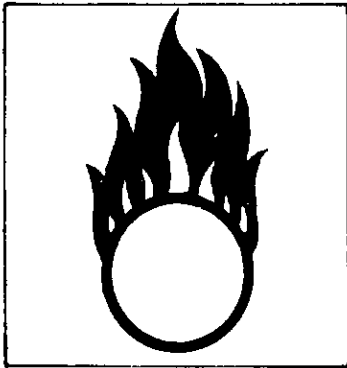
م - ی - نورو زبان

علائم هشدار دهنده بین المللی علامتی
است که در روی مواد شیمیایی مورد استفاده
در آزمایشگاه و صنعت بصورت برجسته یا
چاپ مورد استفاده قرار می گیرد. موقع
استفاده رعایت این علائم الزامی است.
مفهوم هر کدام با توجه به شماره های آنها
چنین است:

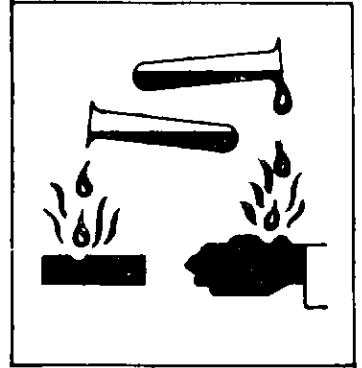
- ۱- مسموم کننده
- ۲- قابل اشتعال
- ۳- اکسید کننده
- ۴- خوردنده پوست
- ۵- سمی
- ۶- رادیواکتیو
- ۷- قابل انفجار



۲) Highly Flammable

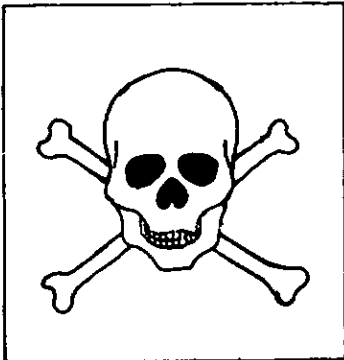


۳) Oxidizing

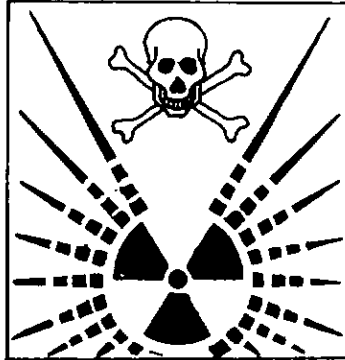


۴) Corrosive

۵) poison



۶) Radioactive



۷) Explosive



پیشگویی

جهت جابه‌جا

شدن تعادل شیمیایی

از روی انرژی آزاد و تناقض

ظاهری آن با اصل لوشا تولیه

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

دکتر حسین آقایی

عضو هیات علمی گروه شیمی دانشگاه تربیت معلم

«بار دیگر» اصل لوشا تولیه پیشگویی می‌کند که افزایش دما باعث جابه‌جایی تعادل از چپ به راست می‌شود، در حالی که ΔG° با افزایش دما مقدار مثبت تری پیدا می‌کند که ظاهراً با جابه‌جا شدن تعادل از چپ به راست سازگار نیست^(۱).

ملان این تناقض را يك تناقض ظاهری نامید و برای رفع آن پیشنهاد کرد که از روش رسم تغییرات $\Delta G^\circ/T$ برحسب $R \ln K_p$ استفاده شود. ملان متأسفانه درباره ماهیت و جوهر این تناقض که اهمیت زیادی در تفهیم آن و یافتن راه حل مناسب برای آن دارد، بحثی ننمود. اینک می‌پرسیم دلیل این تناقض ظاهری کدام است؟ دلیل آن در واقع، کاربرد مستقیم نادرست معادله (۱) در پیشگویی تأثیر دما در جابه‌جا شدن تعادل است^(۲). می‌توان این موضوع را از راه بحث مربوط به بستگی میان انتروپی و پیشگویی جهت واکنش از روی انرژی آزاد اثبات کرد.

در سال ۱۹۷۹، ملان در مقاله‌ای تحت عنوان «يك تناقض ظاهری در کاربرد اصل لوشا تولیه» چنین نوشت (۱):
«در صورتیکه دقتی چند مراعات نشود، کاربرد مفهوم انرژی آزاد در جاهایی که تغییرات دما قابل توجه است، تناقضهای آشکاری را نسبت به کاربرد اصل لوشا تولیه به بار می‌آورد...، مثلاً در مورد يك واکنش در فازگازی که در آن فرضاً ΔH° مساوی $+100\text{KJ}$ و ΔS° مساوی -100JK^{-1} است و هر دو هم مستقل از دما فرض می‌شوند چنین وضعی پیش می‌آید...»^{*}

هرگاه از بحث نموداری رابطه

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

برای پیشگویی تأثیر دما بر روی تعادل واکنش استفاده شود نتیجه حاصل از آن با پیشگویی حاصل از اصل لوشا تولیه ظاهراً سازگار در نمی‌آید. ملان در این باره چنین می‌نویسد:

برای يك واكنش شیمیایی در فاز گازی به شرح زیر و در دما و فشار ثابت ($P = 1 \text{ atm}$)، از قانون دوم ترمودینامیک به دست می آید:

$$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D \quad (2)$$

$$dS \geq \sum \delta Q/T \quad (3)$$

در دما و فشار ثابت برای پیشگویی جهت انجام يك واكنش استوکیومتری می توان نوشت (۳):

$$\Delta S - \Delta H/T \geq 0 \quad (4)$$

در رابطه بالا، تساوی به موقعی مربوط است که واكنش در حال تعادل است و بزرگتر بودن مربوط به وقتی است که واكنش در جهت مستقیم خود به خود پیش می رود.

اکنون دو طرف تساوی (۴) را در $-T$ ضرب می کنیم تا به دست آید (۳، ۴ و ۵).

$$\Delta H - T\Delta S \leq 0 \quad (5)$$

با توجه به آنکه داشتیم

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

لذا در دما و فشار ثابت می توان نوشت:

$$\Delta G_{T,P} \leq 0 \quad (6)$$

تساوی $\Delta G_{T,P} = 0$ حالات تعادل در يك واكنش را اعلام می کند، در این شرایط داریم:

$$\Delta H = T\Delta S$$

نامساوی $\Delta G_{T,P} < 0$ از آن حکایت دارد که واكنش در جهت مستقیم خود به خود پیش می رود که در این صورت برای آن داریم:

$$\Delta H < T\Delta S$$

یعنی در واکنشی که خود به خود در دما و فشار ثابت در حال پیشرفت است، ΔH (همان گرمای واکنش در فشار ثابت) از حاصلضرب $T \cdot \Delta S$ کوچکتر است. ΔS تغییر انتروپی واکنش را می رساند که با تغییر بی نظمی حاصل از انجام واکنش ارتباط تنگاتنگ دارد.

از تقسیم کردن دو طرف تساوی $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ به T به دست می آید:

$$\Delta G/T = \Delta H/T - \Delta S \quad (7)$$

برای واکنش استاندارد داریم:

$$\Delta G^\circ/T = \Delta H^\circ/T - \Delta S^\circ \quad (8)$$

(واکنش استاندارد واکنشی است که در آن، واکنش دهنده ها با غلظتهای استاندارد به محصولات با غلظتهای استاندارد در دما و فشار استاندارد تبدیل می شوند. به طور تقریب، منظور از غلظتهای استاندارد آن است که هر يك از واکنش دهنده ها و محصولات در محلول غلظت يك مولار دارا باشند و یا اگر واکنش در فاز گاز انجام می شود، فشار جزئی هر يك از آنها يك اتمسفر باشد.)

هر گاه از دو طرف تساوی (۸) در فشار ثابت نسبت به T مشتق بگیریم به دست می آید:

$$[d(\Delta G^\circ/T)/dT]_P = -\Delta H^\circ/T^2 \quad (9)$$

نظر به اینکه داریم:

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

لذا می توان نوشت:

$$(d \ln K_P/dT)_P = \Delta H^\circ/RT^2 \quad (10)$$

(این تساوی همان رابطه دیفرانسیلی وانتیپ^۲ است.)

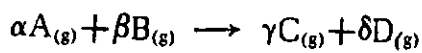
بدینسان تغییر ثابت تعادل واکنش K_P با دما فقط تابع ΔH° واکنش است. از رابطه (۱۰) به دست می آید، اگر ΔH° مثبت باشد (واکنش استاندارد گرماگیر باشد)، تغییرات $\ln K_P$ با تغییرات دما هم جهت است. یعنی در واکنش گرماگیر با افزایش دما، ثابت تعادل K_P هم بزرگتر می شود. این نتیجه گیری با کاربرد اصل لوشاتولیه کاملاً سازگار است. از رابطه (۹) نیز می توان نتیجه مشابهی را به دست آورد، در موقعی که $\Delta H^\circ > 0$ است، به دست می آید:

$$[d(\Delta G^\circ/T)/dT] < 0 \quad (11)$$

از این نامساوی برمی آید که تابع $\Delta G^\circ/T$ با افزایش دما کاهش پیدا می کند؛ می توان کاهش این تابع با دما را نشان داد. جابه جا شدن تعادل از چپ به راست در نظر گرفت و نوشت در هر مورد که تابع $\Delta G^\circ/T$ با دما کم شود، تعادل از چپ به راست جابه جا می شود، برعکس در مواقعی که این تابع با دما افزایش یابد، به همراه آن تعادل از راست به چپ جابه جا خواهد شد. بدینسان از $\Delta G^\circ/T$ و نه ΔG° می توان برای پیشگویی جهت جابه جا شدن تعادل استفاده کرد.

در اینجا لازم است مجدداً به نکته ای که اغلب آن را به طور

نادرست به کار می‌برند، برگردیم. ΔG° تغییر انرژی آزاد گیبس برای واکنش استاندارد را می‌رساند. منفی بودن آن، حکایت از آن دارد که واکنش استاندارد خودبه‌خود قابل انجام است. واکنش استاندارد تقریباً در حد تعریف واقعیت دارد؛ اکثر واکنش‌های شیمیایی در شرایط غیر استاندارد انجام می‌شوند. همانطور که گفتیم، در واکنش استاندارد بایستی واکنش دهنده‌هایی با غلظت‌های استاندارد به محصولاتی با همان غلظت‌های استاندارد تبدیل شوند و این غلظتها هم در طول واکنش ثابت بماند. (برای این منظور بایستی کاهش غلظت واکنش دهنده‌ها و افزایش غلظت محصولات در جریان پیشرفت واکنش، از خارج جبران شود، تا این غلظتها بر روی همان مقدار استاندارد خود ثابت بمانند). به محض به هم خوردن غلظت‌های یاد شده، واکنش، دیگر يك واکنش استاندارد به‌شمار نمی‌آید و برای آن دیگر نمی‌توان از نماد ΔG° استفاده کرد. در حالت غیر استاندارد تغییر انرژی آزاد گیبس واکنش را با ΔG نشان می‌دهند. در اینجا باز هم ΔG با غلظت‌های معینی از واکنش دهنده‌ها و محصولات، متناظر است؛ اما این غلظتها می‌توانند هر مقدار ممکن و دلخواهی باشند. مثلاً در واکنشی مانند:



می‌توان گفت هر يك از واکنش دهنده‌های A و B با فشار ۲ اتمسفر به محصولات C و D که فشار هر يك ۰/۱ اتمسفر باشد، تبدیل شوند، و یا بگوییم هر يك از واکنش دهنده‌های A و B با فشار ۵ اتمسفر به محصولات C و D که فشار هر يك ۰/۰۱ اتمسفر است، تبدیل شوند. پیدا است که ΔG واکنش در این دو شرایط مساوی نخواهد بود. يك قاعده کلی وجود دارد که هر اندازه غلظت یا فشار جزیی واکنش دهنده‌ها بالاتر باشد و برعکس غلظت یا فشار جزیی محصولات پایین‌تر باشد، مقدار ΔG واکنش کوچکتر است. ΔG کوچکتر نشانه تمایل بیشتر برای تبدیل واکنش دهنده‌ها به محصولات است. منفی بودن ΔG ، در شرایط معین نشانه تبدیل خودبه‌خود واکنش دهنده‌ها به محصولات در آن شرایط است.

هر گاه در T و P ثابتی، ΔG واکنشی درازای غلظت‌های معینی از واکنش دهنده‌ها و محصولات يك مقدار منفی باشد، واکنش درازای آن غلظتها و دما و فشار ثابت، خودبه‌خود

قابل انجام است. با تغییر غلظت واکنش دهنده‌ها و محصولات در نتیجه پیشرفت واکنش، مقدار ΔG واکنش هم تغییر می‌کند. چون غلظت واکنش دهنده‌ها با پیشرفت واکنش کم می‌شود و در مقابل غلظت محصولات افزایش پیدا می‌کند، لذا در نتیجه آن، ΔG که نخست مقداری منفی بود، بزرگتر و بزرگتر می‌شود، تا اینکه درازای غلظت‌های معینی از واکنش دهنده‌ها و محصولات، مقدار صفر دارا شود. در این موقع واکنش از پیشرفت کلی باز می‌ایستد و حالت تعادل در آن حکمفرما می‌شود. پس:

– شرط برقراری تعادل در واکنش در T و P ثابت:

$$\Delta G_{\text{واکنش}} = 0$$

– و نه $\Delta G^\circ = 0$ ؛ در واقع ΔG° ممکن است بزرگتر یا کوچکتر از صفر باشد.

برای واکنش داده شده در بالا، ارتباط میان ΔG° و ΔG آن درازای هر فشار جزیی از واکنش دهنده‌ها و محصولات در T و P ثابت عبارت است از:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \left(\frac{P_C^\gamma \cdot P_D^\delta}{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta} \right) \quad (12)$$

(Pها فشارهای جزیی واکنش دهنده‌ها و محصولات را می‌رسانند).

وقتی $\Delta G_{T,P} < 0$ باشد، واکنش در جهت مستقیم خود به پیش می‌رود؛ در موقع $\Delta G_{T,P} = 0$ در واکنش حالت تعادل حکمفرما می‌شود. در شرایطی که $\Delta G_{T,P} > 0$ باشد، واکنش معکوس خود به خود پیش می‌رود.

اکنون با استفاده از شرط تعادل، یعنی شرط $\Delta G_{T,P} = 0$ می‌توان نوشت:

$$0 = \Delta G^\circ + RT \ln \left(\frac{P_C^\gamma \cdot P_D^\delta}{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta} \right) \quad (13)$$

در موقع تعادل K_p مقدار کسر بالا در موقع تعادل همان ثابت تعادل K_p است:

$$\left(\frac{P_C^\gamma \cdot P_D^\delta}{P_A^\alpha \cdot P_B^\beta} \right)_{\text{در موقع تعادل}} = K_p \quad (10)$$

پس:

$$0 = \Delta G^\circ + RT \ln K_p \quad (15)$$

و یا:

$$-\Delta G^\circ = RT \ln K_p \quad (16)$$

این همان تساوی است که قبلاً آن را معرفی نمودیم.

بدینسان می توان نکته های زیر را به دقت در نظر گرفت:

الف - برای تشخیص آنکه آیا واکنشی در يك شرایط معین پیشرفت خود به خود دارد یا نه بایستی از $\Delta G_{T,P}$ آن کمک گرفته شود و نه از ΔG° آن. در واقع $\Delta G_{T,P}$ جهت نما است و نه ΔG° . در مواقعی که $\Delta G_{T,T}$ واکنشی (در T و P ثابت) و درازای غلظتهای معینی از واکنش دهنده ها و محصولات منفی است، آن واکنش در آن T و P و در آن غلظتها خود به خود پیشرفت خواهد کرد و در لحظه $\Delta G_{T,P} = 0$ در آن حالت تعادل حکمفرما خواهد شد.

ب - ΔG° که تغییر انرژی آزاد گیبس واکنش استاندارد را می رساند، می تواند حدود پیشرفت واکنش در دمای معین و از آنجا میزان بزرگی ثابت تعادل واکنش K_p در آن دما را تعیین کند و نه چیز دیگری را.

$$K_p = 10^{\frac{-\Delta G^\circ}{2.3RT}}$$

ج - در يك دمای ثابت هر اندازه ΔG° واکنشی منفی تر باشد، میزان پیشرفت آن واکنش تا حصول تعادل بیشتر است و ثابت تعادل K_p آن بزرگتر است؛ یعنی از آغاز واکنش تا برقراری تعادل، درصد بیشتری از واکنش دهنده ها به محصولات تبدیل خواهند شد.

د - برای پیشگویی تغییر ثابت تعادل با دما بایستی مستقیماً از تغییر ΔG° با دما کمک گرفت، بلکه می بایستی از تغییر تابع $\Delta G^\circ/T$ با دما و مشتق آن نسبت به دما در فشار ثابت استفاده کرد. زیرا داریم:

$$-\Delta G^\circ/RT = \ln K_p$$

کوچکتر شدن $\Delta G^\circ/T$ نظیر بزرگتر شدن $\ln K_p$ و از آنجا جا به جا شدن تعادل از چپ به راست است.

ه - وقتی واکنشی در حال تعادل است، در آن تساوی $\Delta H = T\Delta S$ برقرار است و نه $\Delta H^\circ = T\Delta S^\circ$. (به احتمال نزدیک به یقین در اکثر واکنشها $\Delta H^\circ \neq T\Delta S^\circ$ است). وقتی دمای تعادل از T به T' تغییر کند، به همراه آن

تساوی $\Delta H = T\Delta S$ نیز به هم می خورد و تعادل در جهتی آنچنان جا به جا می شود که در نتیجه آن تعادل جدیدی با مشخصات $\Delta H' = T'\Delta S'$ برقرار شود. (در این میان ممکن است ΔH و $\Delta H'$ و همینطور ΔS و $\Delta S'$ خیلی متفاوت از هم نباشند).

تذکره: بخشی از این مقاله از مرجع شماره ۲ ضمن انجام تغییرات لازم در آن گرفته شده است.

پانوشتها

۱- Mellon

۲- Van't Hoff

* بنابه اصل لوثا تولیه، در يك واکنش گرماگیر، افزایش دما ثابت تعادل واکنش را بالا می برد و تعادل را در جهت تشکیل محصولات بیشتر جا به جا می کند بدینسان تغییرات ثابت تعادل واکنش و تغییرات دما در واکنشهای گرماگیر در جهت هم حرکت می کنند. از طرف دیگر در تروودینامیک اثبات می کنند که ارتباط میان ثابت تعادل يك واکنش فازگاری K_p با تغییر انرژی آزاد گیبس استاندارد آن واکنش، ΔG° ، به صورت

$$-\Delta G^\circ = +2.3RT \log K_p$$

است. از طرفی می دانیم،

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

درحالی که ΔH° و ΔS° به ترتیب تغییر آنتالپی استاندارد و تغییر آنتروپی استاندارد واکنش را می رساند. با توجه به آن می توان نوشت،

$$-(\Delta H^\circ - T\Delta S^\circ) = 2.3RT \log K_p$$

و یا:

$$\log K_p = -\frac{\Delta H^\circ}{2.3R} \left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^\circ}{2.3R}$$

R ثابت عمومی گازها است. هرگاه مقدار ΔH° بر حسب کالری داده شود، R مساوی $1/98.7 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ خواهد شد. لگاریتم در پایه ۱۰ را می رساند.

بدینسان در يك دمای ثابت هر قدر ΔG° واکنشی منفی تر باشد، ثابت تعادل (K_p) آن بزرگتر است. برعکس هر اندازه ΔG° واکنشی در دمای ثابت بزرگتر باشد (مثبت تر باشد) ثابت تعادل آن کوچکتر است. در وقتی که ΔH° واکنش مثبت است (واکنش گرماگیر است) و ΔS° واکنش منفی است (واکنش با

ثابت تعادل بزرگتر می‌شود. اکنون با در نظر گرفتن تساوی:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

به دست می‌آید،

$$\log K_p = -\frac{\Delta H^\circ}{2/3R} \left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^\circ}{2/3R}$$

با فرض مستقل بودن ΔH° و ΔS° از دما، $\log K_p$ فقط تابعی

از معکوس دما $\left(\frac{1}{T}\right)$ است. از تساوی داده شده است که در

واکنشهای گرماگیر ($\Delta H^\circ > 0$) با کوچکتر شدن $\frac{1}{T}$ مقدار

$\log K_p$ بزرگتر می‌شود که به معنای بزرگتر شدن K_p است. از

آنجا که کوچکتر شدن $\frac{1}{T}$ به معنای بزرگتر شدن T (دما)

است، لذا در واکنشهای گرماگیر افزایش دما ثابت تعادل را

بزرگتر کرده و تعادل را از چپ به راست جابه‌جا می‌نماید و این

نتیجه‌گیری با پیشگویی حاصل از اصل لوشاتولیه کاملاً یکسان

است. به همین ترتیب از رابطه داده شده می‌توان نتیجه گرفت که

در واکنشهای گرمازا ($\Delta H^\circ < 0$)، افزایش دما باعث کوچکتر

شدن ثابت تعادل واکنش شده و از آنجا تعادل از راست به چپ

جابه‌جا می‌شود؛ یعنی همان چیزی که از اصل لوشاتولیه پیشگویی

می‌شود.

می‌توان رابطه داده شده در بالا را به صورت نمایی هم نوشت،

$$K_p = 10^{\frac{-\Delta H^\circ}{2/3RT}} \times 10^{\frac{\Delta S^\circ}{2/3R}}$$

لگاریتمی که پایه آن به جای ۱۰، عدد ۲/۷۱۸ باشد با نماد \ln

نشان می‌دهند و به آن لگاریتم نپری می‌گویند. مثلاً داریم،

$\ln 10 = 2/3$. با استفاده از این لگاریتم می‌توان نوشت،

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

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^\circ}{R}$$

مراجع:

- ۱- Mellon, E. K. J. Chem. Educ. 1979, 56, 380-381.
- ۲- Zheng Xianmin, J. Chem. Educ. 1989, 66, 401-402.
- ۳- Berry, R. S.; Rice, S. A.; Ross, J.; Physical Chemistry; Wiley: New York, 1980; P 650.

کاهش بی‌نظمی همراه است) و هر دو هم مستقل از دمایند، مقدار

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ بسا افزایش دما مثبت‌تر می‌شود، که

ظاهراً با جابه‌جا شدن تعادل از چپ به راست سازگار نیست، حال

آنکه اصل لوشاتولیه بسا جابه‌جا شدن تعادل از چپ به راست

سازگار است. در واقع بنابه اصل لوشاتولیه، افزایش دما در هر

واکنش گرماگیر باعث جابه‌جا شدن تعادل از چپ به راست می‌شود.

این تناقض ظاهری ناشی از نداشتن توجه کافی به دو نکته اساسی

است. اول اینکه ΔG° تغییر انرژی آزادگیسی واکنش را در

شرایط استاندارد می‌رساند؛ و همانطور که می‌دانید غلظت واکنش

داده‌ها و محصولات در حالت استاندارد با غلظت آنها در هنگام

تعادل یکی نیست، از همین رو ΔH° و ΔS° واکنش که به حالت

استاندارد تعلق دارند با ΔH و ΔS واکنش که نظیر هر شرایط

دیگر از جمله شرایط تعادل است، یکسان نخواهد بود. در موقع

تعادل داریم،

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = 0$$

و از آنجا $\Delta H = T\Delta S$ ، در حالی که برای شرایط استاندارد در

حالت کلی چنین نیست. با توجه به تساوی $\Delta H = T\Delta S$ که تنها

در موقع تعادل برقرار است، با تغییر کردن دما، تساوی داده شده

به هم خورده و تعادل الزاماً در جهت مناسبی جابه‌جا خواهد شد.

ΔS و ΔH در این تساوی به ترتیب تغییر آنتالپی و تغییر

آنتروپی درازای انجام يك واکنش استوکیومتری در دما و فشار

تعادل و در غلظتهای تعادلی را می‌رسانند.

نکته دوم اینکه تغییر ΔG° نمی‌تواند مستقیماً جهت جابه‌جا

شدن تعادل را تعیین کند، بلکه تغییر ΔG است که عهده‌دار این

وظیفه است. فرضاً اگر واکنشی در غلظتهای استاندارد و در دما

و فشار استاندارد در حال تعادل باشد، در آن صورت ΔG° و ΔG

با هم یکی خواهد شد در آن موقع است که ΔG° می‌تواند برای

تعیین جهت جابه‌جا شدن تعادل به کار رود. در چنین شرایطی

خواهیم داشت،

$$\Delta H^\circ = T\Delta S^\circ$$

که بازم می‌بینیم با تغییر دما تساوی به هم می‌خورد و تعادل در

جهت مناسب جابه‌جا می‌شود. (اینکه واکنشی در غلظتهای

استاندارد در حال تعادل باشد، مورد بسیار نادری است).

علاوه بر آن، با توجه به رابطه

$$-\Delta G^\circ = 2/3RT \log K_p$$

عامل دما گذشته از آنکه در مقدار ΔG° و K_p مؤثر است، خود

در طرف دوم آن تساوی نیز شرکت دارد. بدینسان تابع

$-\Delta G^\circ/T$ برای تعیین چگونگی جابه‌جا شدن تعادل مناسب‌تر

است، هر اندازه $\Delta G^\circ/T$ بسا تغییر دما کوچکتر شود، مقدار

12 Reformatting the Laboratory

J. J. Lagowski

15 Tooling up for the 21st Century

John W. Moore

- دگرگونی در برنامه درسی شیمی نتیجه استفاده معلمان از تکنولوژی در تدریس آن است: از سری گفتارهایی که در بهبود آموزش شیمی در سطح بالاتر از دبیرستان ایراد شده است صفحه ۳

- تکنولوژی با شدت هرچه تمام تر آموزش صنعتی را از صحنه به خارج پرتاب می کند صفحه ۴

- خیال و خیال پردازی و واقعیت های شیمیایی صفحه ۸

- تجدید وضع و شکل آزمایشگاه صفحه ۱۲

- تجهیز با ابزار برای ورود به قرن بیست و یکم صفحه ۱۵

مقالات عمومی

Articles of General Interest

21 Aids for Teaching Online Searching of the Chemical Literature Carol Carr

24 Independent Student Searching of the Chemical Abstracts Files

James M. Miller

26 Searching Chemical Abstracts Online in Undergraduate Chemistry: Part 2. Registry (Structure) File: Molecular Formulas, Names, & Name Fragments Miroslav Krumpolc, Diana Trimakas, & Connie Miller

30 Van't Hoff, Le Bel, & the Development of Stereochemistry: A Reassessment Robert B. Grossman

34 Louis Pasteur, August Kekule, & the Franco - Prussian War John H. Wotiz & Susanna Rubofsky

معرفی عناوین

مقالات مندرج در

مجله آموزش شیمی

شماره ۱ دوره ۶۶ ژانویه ۱۹۸۹

زیر نظر هیات تحریریه

JANUARY 1989 Volume 66, Number 1

JOURNAL OF

Chemical Education

Owned & Published by the DIVISION OF CHEMICAL EDUCATION OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY

Articles in This Issue

گفتارهایی در بهبود آموزش شیمی در سطح بالاتر از دبیرستان
The FIPSE Lecture

3 Chemistry Plus Technology Plus Teachers Yields Curricular Change: The FIPSE Lectures in Chemistry John W. Moore

4 Technological Thrust vs. Instructional Inertia G. A. Crosby

8 Images, Imagination, & Chemical Reality Stanley G. Smith & Loretta Jones

- لوئی پاستور، آگوست ککوله و جنگ فرانسه و پروس
صفحه ۳۴
- دانش خود را درباره طبیعت و هنر بهبود بخشیم؛ از تاریخ
آموزش شیمی در ایالات متحده آمریکا صفحه ۳۷
- محاسبات مربوط به اتم با يك روش تك انگرالی و يك
پارامتری صفحه ۴۵
- حل معادلات دیفرانسیل در سینتیک با استفاده از سریهای
نمایی صفحه ۴۶
- محاسبات نیم تجربی در مورد گونه‌های باردار که در
درس شیمی آلی کاربرد دارد. صفحه ۴۷
- روش (قطع جریان مایع در ابراز): شق دیگری از
جداسازی صفحه ۵۶
- روش ساختن هفت واحد بلور نگاری اصلی صفحه ۷۳
- زنگار مس (مس سبز) کلرید مس (۱۱) دو آب، خود
به خود یونیزه نمی‌شود. صفحه ۷۶
- آزمایش در آزمایشگاه شیمی آلی صفحه ۹۲

نکات برجسته

Features

- 1 Editorially Speaking
- 19 Journal of Chemical Education:
Software: Abstract of "The Periodic
Table Videodisc" Alton J. Banks
- 51 Computer Series, 99: Bits & Pieces, 39
edited by John W. Noore
- 74 Provocative Opinion: Down - Scaling
Organic Experiments: Another Option
H. Raymond Sheldon
- A8 Topics in Chemical Instrumentation
edited by Frank A. Settle, Jr.
Robots in the Laboratory - An
Overview Janet R. Strimaitis
- A18 Safety in the Chemical Laboratory
edited by Malcolm M. Renfrew

- 37 "To Improve Our Knowledge in Nature
& Arts": A History of Chemical
Education in the United States
Bruce V. Lewonstein
- 45 Atomic Calculations with a One -
Parameter, Single Integral Method
Reinaldo Baretty & Carmelo Garcia
- 46 Solving Differential Equations in
Kinetics by Using Power Series
Elvin Hughes, Jr.
- 47 Semiempirical & ab initio Calculatons
of Charged Species Used in the
Physical Organic Chemistry Course
Richard D. Gillion
- 56 The Method of Intercepts: An
Alternative Derivation Boyd L. Earl
- 73 Construction of the Seven Basic
Crystallographic Units
Thomas Li & Jay H. Worrell
- 76 Green Copper(II) Chloride Dihydrate
is Not Autoionized George B.
Kauffman & Christian Kljbull Jorgensen
- 92 Organic Laboratory Experiments:
Micro vs. Conventional
Marge Chtonpek - Mc Gough
- نقش رسانه‌های سریع در تدریس «پژوهشی در متون
درس شیمی» صفحه ۲۲
- چگونه يك دانشجو مستقلاً موضوع مورد نظر خود را
از بایگانی چکیده مقالات شیمی جستجو می‌کند؟ صفحه ۲۴
- جستجویی از میان چکیده مقالات شیمی موجود در دوره
لیسانس شیمی: قسمت ۲ ساختار بایگانی - چگونگی ثبت
چکیده‌ها - به فرمولهای مولکولی - نامها و اجزاء نامها
صفحه ۲۶
- يك ارزیابی دوباره: وانتهف لوبل و توسعه شیمی
فضایی صفحه ۳۵

67 Carbohydrate Stereochemistry
Robert S. Shallenberger & Wanda
J. Wiene

75 Filtrates & Residues: Bromination
of a Hydrocarbon Eva Deck &
Charles Deck

- درون نگری در تدریس استوکیومتری در دو مرحله
صفحه ۵۷
- فرآورده‌های شیمیایی: الکانها = بدصورت فراوان –
صفحه ۶۴ ضروری – مهم
- آیا دانشجویان دانشگاهها «مؤسسات آموزش عالی» برای
آموختن تأثیرات DNA آمادگی دارند؟ آزمایشی از UOP
صفحه ۶۴
- آیا در منطقه‌ای شما روزی بنام شیمی دارید صفحه ۶۵
صفحه ۶۷ – شیمی فضایی هیدراتهای کربن
- محلولهای صاف شده از صافی – پسماندها برآمده کردن
صفحه ۷۵ یک هیدروکربن

تجربه‌های آزمایشگاهی

Laboratory Experiments

- 77 The Use of solid Aluminum Heat
Transfer Devices in Organic Chemistry
Laboratory Instruction & Research
Siegfried N. Lodwig
- 85 Minware for Galvanic Cell
Experiments Norman C. Craig,
Martin N. Ackermann, & William
B. Renfrow
- 88 Rapid, Efficient Determination of
Recrystallization Solvents at the
Microscale Level Rhoda E. R. Craig
- 90 Trifluoroacetylation of Unknown
Alcohols: An Integrated Microscale

Safety Showers & Eyewash Fountains
John C. Bronaugh

A28 Out of the Editor's Basket
edited by James A. Godman

- نرم افراز: چکیده‌یی از مطالب مربوط به نرم افراز:
بصورت نوار کاست ویدیویی صفحه ۱۹
- قطعات و ابزار کوچکتر (۹۹) – (از سری مقالات مربوط
به کامپیوتر)
- راه حل‌های متعدد و دقیق یک بعدی در حلال معادلات
Schrodinger صفحه ۵۱
- نظریه‌ای در مورد آزمایشهای شیمی آلی با مقیاسهای
بسیار کوچک صفحه ۷۴
- بازنگری «در باره کار آدمکهای آهنی در آزمایشگاه» از
سری مقالات برجسته در باره ابزار و لوازم آزمایشگاهی شیمی «
صفحه A۸
- ایمنی در آزمایشگاههای شیمی – حمام و چشم شورهای
بی‌خطر صفحه A۱۸
- بیرون از سبد سردبیر صفحه A۲۸

شیمی دبیرستان

Secondary School Chemistry

- 57 Insights: Teaching Stoichiometry: A
Two - Cycle Approach
Richard L. Poole
- 59 Products of Chemistry: Alkanes:
Abundant, Pervasive, Important, &
Essential Raymond B. Seymour
- 64 Are High School Students Ready for
Recombinant DNA?: The UOP
Experience Michael J. Minch
- 95 Have a Chemistry Field Day in Your
Area Bruce M. Mattson, Gary
D. Michels, & The Area Chemistry
Teachers

برما سیون (برم دار کردن) یک ئیدرو کربن

ترجمه: سید جلال امیر آفتابی
معلم دبیرستان کمال

برای نشان دادن واکنشهای جانشینی فتوشیمیایی هالوژنها، یک آزمایش ساده یک ساعته را به روش کمی با استفاده از هپتان، آب و برم برای دانش آموزان ترتیب داده ایم.

این واکنش اخیراً توسط ایوو پیرینا «Ivo Perina» تحت عنوان عکس - العملهای نوری در کلاس درس شرح داده شده است.

در این آزمایش، بر ماهیت کمی این واکنش تکیه می شود.

یک بطری حاوی هپتان، آب و برم به عنوان شاهد در قفسه تاریک نگاهداری می شود. آب اضافه شده به مخلوط واکنش دهنده موجب حل شدن برمید هیدروژن حاصل می شود. در غیر این صورت فشار داخل بطری افزایش یافته و با باز کردن در بطری از آن خارج می شود. رنگ آب برم در سوله شاهد حتی بعد از بیست و چهار ساعت هیچ گونه تغییری نمی کند ولی نمونه هایی که در معرض نور قرار می گیرند حتی در نور یک روز سرد زمستانی، بعد از پانزده دقیقه بی رنگ می شوند.

احتیاط: برم بسیار سمی است و فقط توسط مربی آزمایشگاه بایستی به زیر دستگاه هود منتقل شود. این آزمایش بر دانش ما در باره ماهیت واقعی متداولترین

Organic Experiment Using Spectroscopic Methods

Kenneth Piers & Richard Hsung

91 Visible Spectrophotometric Determination of the Partition Coefficient of Methyl Violet:

A Microscale Extraction Experiment

David C. Sonnenberger & Edward

L. Ferroni

- کاربرد وسایل انتقال گرمای ساخته شده از آلومینیم جامد در پژوهش و تدریس در آزمایشگاه شیمی آلی صفحه ۷۷
- خرده ابزار برای آزمایشهای سلول گالوانی (پوشش کوچکی) صفحه ۸۵

- تعیین سریع کارایی حلالهای مورد استفاده در تبلور در در مقیاس میکرو صفحه ۸۸

- تری فلوئورواستیل دار کردن الکلهای نامشخص، یک آزمایش آلی در مقیاس کاملاً میکرو، با استفاده از روشهای طیف نمایی صفحه ۹۰

- تعیین ضریب توزیع بنفش متیل، به روش طیف سنجی مرئی، یک آزمایش در مورد استخراج در مقیاس میکرو

صفحه ۹۱

یادداشتها

Notes:

33 The Fourth Centenary of the Birth of Issac Beekman, The First Molecular Theorist H. H. Kubbinga

89 Robust Micro - Lab Sand - Baths Ben Ruekberg

- چهارمین صده تولد ایساک بیکنمان، اولین کسی که نظریه مولکولی را ارائه داد صفحه ۳۳

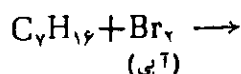
- حمامهای شنی پر دوام آزمایشگاههایی که به روش میکرو کار می کنند صفحه ۸۹

محصولهای این واکنش می افزاید که دانش آموزان دبیرستانی غالباً تصور می کنند این محصولات دی برموهپتان و هیدروژن می باشند.

آزمایش

هدف

نشان دادن واکنشهای جانشینی فتو-شیمیایی یک هیدروکربن توسط آب برم:



بحث

برم به هپتان و آب اضافه می شود و مخلوط حاصل در معرض نور آفتاب (روشنایی) قرار می گیرد. پس از تکان دادن بطری برمید هیدروژن محلول در آب استخراج می شود و مونو برموهپتان تشکیل شده در لایه هپتان باقی می ماند. بی رنگ شدن آب برم نشانه آن است که تمام برم در واکنش شرکت کرده است فاز آبی که شامل برمید هیدروژن است با محلول ۰/۲ مولار هیدروکسید سدیم سنجیده می شود. تعداد مولهای برمید هیدروژن به دست آمده باید با تعداد مولهای برم اضافه شده برابر باشد. مواد و ابزار مورد نیاز: بطری در دار ۲ اونسی هپتان ۳۵ میلی لیتر آب مقطر ۱۵ میلی لیتر برم، ۱ گرم (فقط توسط مربی برداشته شود)

ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری

محلول دو ده هم - مولار سود، ۱۰۰

میلی لیتر

فل فتالین چند قطره

بورت، گیره بورت

شیشه شور

ترازو با دقت یکصدم گرم

روش کار

۳۵ میلی لیتر هپتان و ۱۵ میلی لیتر آب مقطر را در بطری ریخته، دقت کنید که بیرون بطری خشک باشد. در بطری را با محتویات آن وزن کنید توسط مربی آزمایشگاه مقدار تقریباً یک گرم برم به محتویات بطری بیفزایید.

توجه: به عادت ماهیت و طبیعت خورنده برم، تنها مربی مجاز است که با رعایت شرایط ایمنی آن را به دستگاه هود منتقل کند. بعد از انتقال برم توسط مربی در بطری را بردارید و بطری و محتویات آن را مجدداً وزن کنید و جرم برم را

حساب کنید. پس از تکان دادن بطری آن را در کنار پنجره قرار دهید. هر دو دقیقه یکبار عمل تکان دادن بطری را تکرار کنید تا زمانی که محلول کاملاً بی رنگ شود یکبار دیگر نیز بطری را تکان دهید. در این فاصله، بورت را برای تیتراژ کردن آماده کنید. بورت را دوبار با ۱۵ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار سود بشوید و سپس آن را از محلول سود پر کنید. در بطری را باز کرده و محتویات آن را در ارلن منتقل کنید بطری را با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر شستشو داده، آب شستشو را نیز به ارلن اضافه کنید ۲ تا ۳ قطره محلول فل فتالین به ارلن بیفزایید. درجه اولیه بورت را یادداشت کنید. آنقدر محلول سود به ارلن اضافه کنید تا محتویات آن به رنگ میخکی درآید. دوباره درجه بورت را یادداشت کنید.

محاسبات

$$0.00 \text{ g} = \text{جرم بطری با آب، هپتان و برم}$$

$$0.00 \text{ g} = \text{جرم بطری با هپتان و آب}$$

$$0.00 \text{ g} = \text{جرم نمونه برم}$$

$$159/82 \text{ g} = \text{جرم مولی برم}$$

$$0.00 \text{ mol} = \text{عده مولهای موجود در نمونه برم}$$

$$0.00 \text{ mL} = \text{درجه خنم تیتراژ کردن بورت (NaOH)}$$

$$0.00 \text{ mL} = \text{درجه شروع تیتراژ کردن بورت}$$

$$0.00 \text{ mL} = \text{حجم محلول سود مصرفی برای تیتراژ کردن}$$

$$\text{مولاریته} \times \text{حجم سود (بر حسب لیتر)} = \text{عده مولهای سود}$$

$$\text{عده مولهای برمید هیدروژن} = \text{عده مولهای سود}$$

$$0.00 \% = \text{همانگی تعداد برم با تعداد مولهای برمید هیدروژن}$$

منشأهای خطا

دو نمونه از نتایج به دست آمده توسط دانش آموزان

$$0/93 \text{ g} : \text{جرم برم}$$

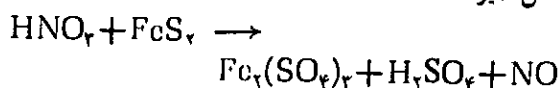
$$0/0058 \text{ g} : \text{تعداد مولهای برم}$$

$$0/0059 \text{ mol} : \text{مولهای برمید هیدروژن}$$

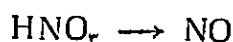
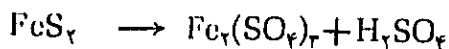
$$98 \% : \text{همانگی}$$

موازنه واکنشهای مولکولی

در این شیوه ابتدا واکنش شیمیایی به دو نیم واکنش تقسیم شده و هر کدام مستقلاً موازنه می‌شوند و سپس دو نیم واکنش موازنه شده، جمع شده و استوکیومتری صحیح واکنش را نشان می‌دهد. دو طرف هر نیم واکنش شامل ترکیبهایی است که عنصر مورد نظر در آنها یکی است. در این ارتباط، اکسیژن و هیدروژن منظور نمی‌شوند به عنوان مثال برای واکنش زیر:



محصول $\text{Fe}_7(\text{SO}_4)_7$ که از FeS_7 به وجود می‌آید و خود FeS_7 بدون در نظر گرفتن اتمهای اکسیژن، به عنوان یک نیم واکنش انتخاب می‌شود. علاوه بر آن چون گوگرد، تشکیل H_2SO_4 داده است، لذا آن نیز در همان نیم واکنش مورد اشاره شرکت دارد. اجزاء باقیمانده، نیم واکنش بعدی را می‌سازند، یعنی:



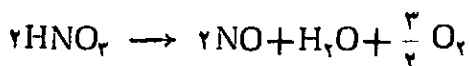
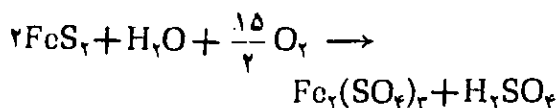
هر نیم واکنش با رعایت و اجرای موارد زیر موازنه می‌شود:

۱- همه عناصر را به جز H و O موازنه کنید.

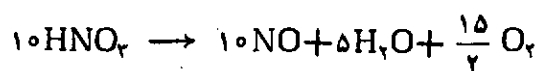
۲- اتمهای هیدروژن به کمک تعداد مناسبی از مولکولهای آب (H_2O) موازنه می‌شود.

۳- اتمهای اکسیژن با افزایش یا کاهش اکسیژن آزاد موازنه می‌شود.

هنامیکه این مراحل در مثال بالا به کار می‌رود، داریم:



به منظور حذف اکسیژن، نیم واکنش دوم در عدد پنج (۵) ضرب می‌شود:



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

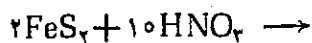
روشی ساده، برای موازنه معادله واکنشهای شیمیایی

Arcesio Garcia J. Chem. Education, 64(3)
247, 1987.

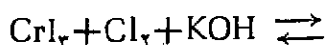
ترجمه و نگارش: محمد احمدیان
عضو هیات علمی مدرسه علوم کاشان - بخش شیمی

شیوه‌های متعددی برای موازنه واکنشهای شیمیایی اکسایش و کاهش ارائه شده است. یکی از این روشها که بر مبنای تغییرات حاصل در عدد اکسایش بنا شده است، می‌تواند برای واکنشهایی با شرکت مولکولها یا یونها به کار گرفته شود. در این مقاله شیوه‌ای ساده که در مورد بسیاری از واکنشها قابل به کارگیری است، معرفی می‌شود، بدون آنکه نیاز به دانستن اعداد اکسایش آنها باشد.

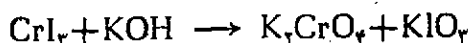
۴- بالاخره بنا جمع دو نیم واکنش، معادله موازنه شده نهایی حاصل می شود:



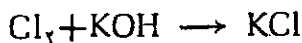
به طریق مشابه واکنش زیر نیز می تواند موازنه شود:



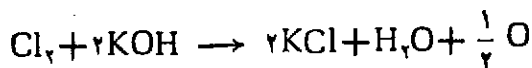
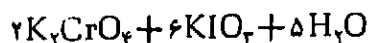
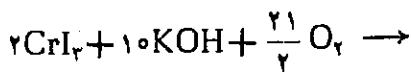
ترکیبات CrI_3 و K_2CrO_4 در خود Cr دارند و در ضمن KIO_3 هم I در خود دارد پس اینها اجزاء یک نیم واکنش اند و ترکیبی شامل پتاسیم مثل (KOH) به نیم واکنش اضافه می شود.



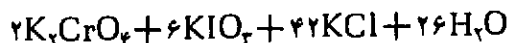
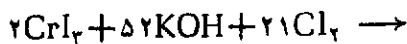
در واکنش کلی، کلر به صورت KCl در می آید، بنابراین نیم واکنش دوم



با اجرای سه مرحله به جای موازنه نیم واکنشها:



اگر نیم واکنش دوم در ۲۱ ضرب شود (به منظور حذف اکسیژن اتمی)، معادله موازنه شده از اجتماع دو نیم واکنش حاصل می شود:



این شیوه برای موازنه هر نوع واکنش، حتی واکنشهایی که شامل یونهای کمپلکس بوده و یا واکنش میان ترکیبهایی که تعیین اعداد اکسایش آنها مشکل است، روشی قابل عمل و ارزشمند است.

موازنه واکنشهای یونی

به طور مشابه برای واکنشهای یونی مسراحل زیر مورد

عمل قرار می گیرد:

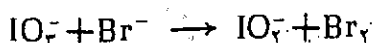
۱- همه عناصر به جز اکسیژن و هیدروژن را موازنه کنید.

۲- بار الکتریکی را در محیط اسیدی با H^+ و در محیط بازی با OH^- موازنه کنید.

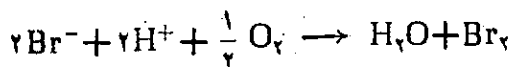
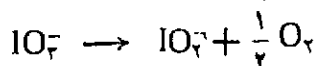
۳- اتمهای اکسیژن را با اکسیژن آزاد موازنه کنید.

۴- اتمهای هیدروژن را به کمک مولکولهای آب موازنه کنید.

به عنوان مثال موازنه واکنش زیر در محیط اسیدی عبارت است از:



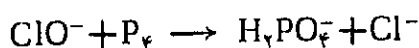
۴ مرحله بیان شده بالا در نیم واکنشهای مورد نظر پیاده می شود:



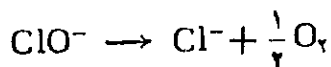
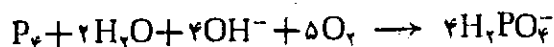
با جمع کردن دو نیم واکنش، اکسیژن حذف می شود و معادله موازنه شده زیر حاصل می شود:



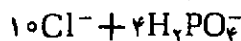
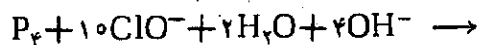
مثال دوم: موازنه واکنش زیر در محیط بازی است:



با استفاده از اجرای ۴ مرحله ذکر شده، نیم واکنشهای موازنه زیر حاصل می شود:



برای حذف اکسیژن، نیم واکنش دوم در ۱۰ ضرب می شود و این نتیجه با نیم واکنش اول جمع می شود:



این شیوه برای موازنه هر نوع واکنش شامل مولکولی، یونی، و واکنشهای پیچیده تری که در آنها یافتن اعداد اکسایش مشکل است، قابل استفاده است.

ترجمه: دکتر محمد حسین عزیزی

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

پیشگفتار:

در بین بیماریهای ناشی از کار و یا بیماریهای شغلی، ایجاد عوارض در شش‌ها از شایع‌ترین مسائل به شمار می‌رود. بی‌شک عده زیادی از افراد به دلیل نوع حرفه خود یا تماس مکرر با عوامل زیان‌آور در محیط کار در معرض بیماریهای و خیم تنفسی قرار می‌گیرند. از این رو آشنایی با مکانیسم آسیب رساننده‌های شغلی ناشی از بیماریهای شغلی و شناسایی شرایطی که در محیط کار، فرد را در معرض این گونه عوامل زیان‌آور تنفسی قرار می‌دهد، لازم است. پیشگیری، تشخیص به موقع و درمان مناسب بیماریهای شغلی در بهداشت و سلامت جامعه از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این مقاله برخی از بیماریهای ریوی شغلی ناشی از استنشاق عوامل شیمیایی زیان‌آور را مورد بحث قرار می‌دهیم.

تحريك حاد دستگاه تنفس:

استنشاق بسیاری از ترکیبهای شیمیایی به حالت گازهای مختلف، ذرات بسیار ریز جامد در هوای آلوده و سایر مواد ویژه شیمیایی دیگر سبب تحريك دستگاه تنفس می‌شود، که به آن «تحريك حاد تنفسی»^۱ می‌گویند. استنشاق این گونه عوامل شیمیایی می‌تواند عوارض آنی یا بعدی در پی داشته باشد. برای نمونه، گاز آمونیاک، بسیار محرك است. به طوری که اگر مقداری از آن استنشاق شود، در عرض چند دقیقه

عوارضی در بخش فوقانی دستگاه تنفس ایجاد می‌کند. عوارضی مانند تحريك بینی (به صورت التهاب مخاط و گرفتگی بینی)، سردرد و تحريك حنجره که ممکن است به صورت سرفه‌های خشک، گلودرد و گرفتگی صدا بروز کنند.

محل ضایعه در بدن و عوامل تعیین کننده آن:

از نظر کالبدشناسی محل التهاب در بدن و آسیب دیدن یاخته‌ها در اثر يك ماده محرك به عوامل چندی از جمله «میزان ماده محرك استنشاق شده»، «ویژگی‌های فیزیکی آن» و «حساسیت فردی» وابسته است. از سوی دیگر محل التهاب و آسیب حاصل به نوبه خود با بروز علائم بالینی ویژه‌ای همراه است. «قابلیت انحلال» ماده محرك در آب از مهمترین عوامل تعیین کننده محل آسیب بافتها است. برای مثال گازهایی مانند آمونیاک، کلرید هیدروژن و فلوئورید هیدروژن در آب بسیار محلولند و سبب حل شدن مخاط دستگاه تنفسی فوقانی و ایجاد ضایعه در آن می‌شوند. در مقابل گازهایی مانند فسژن و اکسیدهای نیتروژن که انحلال پذیرشان در آب اندک است، تا کیسه‌های هوایی در ششها پیش می‌روند. اما علیرغم حلالیت اندک آنها در آب، در صورت تماس با هر يك از این مواد، آسیب حاصل گسترده است.

برای آگاهی، در جدول شماره ۱ میزان انحلال پذیری برخی از این عوامل شیمیایی در آب ذکر شده است:

جدول شماره ۱

انحلال پذیری برخی از گازهای شیمیایی در آب

میزان انحلال پذیری در آب	گاز
زیاد	آمونیاک
»	کلرید هیدروژن
»	فرمالدئید
نسبتاً زیاد	سولفید هیدروژن
متوسط	کلر
»	دی اکسید گوگرد
»	فلوئور
»	فلوئورید
»	آکروئین (آلدئید آکریلیک)
کم	ازون
»	نژون (کلرید کربونیل)

کیسه‌های هوایی در ششها تأثیر گذاشته و ساختمان آنها را به طور حاد یا در اثر تماس مزمن برهم می‌زند. برخی از این عوامل زیان‌آور تنفسی ممکن است به طور آبی در محیط ایجاد شوند. — برای مثال در هنگام سوزاندن پلاستیکها برخی از مواد زیان‌آور مانند سیانید هیدروژن و اسید هیدروکلریک ممکن است تولید و آزاد شوند.

استنشاق دود در سوختگی‌ها:

آتش نشان‌ها و قربانیان سوختگی، در معرض خطر «استنشاق دود» قرار دارند که یکی از علل عمده «نارسایی حاد تنفسی» در آنهاست. در واقع، استنشاق دودگاهی بیش از آسیب ناشی از گرما، فرد سوخته را از پا درمی‌آورد. افرادی که دچار سوختگی می‌شوند، ممکن است به درجانی دچار التهاب در بخش تحتانی دستگاه تنفس شوند (مشابه کسانی که در معرض گازهای محرکی مانند کلر قرار می‌گیرند). در موارد شدید وزم ریوی می‌تواند ایجاد شود. مسمومیت — مونوکسید کربن نیز که به کاهش شدید میزان اکسیژن خون منجر می‌شود، می‌تواند زندگی فرد را به خطر بیندازد.

چگونگی قرار گرفتن دستگاه تنفس در معرض گازهای زیان‌آور شیمیایی:

زیانهای ناشی از سوختن پلاستیک و (پلی‌اورتان‌ها):

عموماً در اثر استنشاق گازها و بخارهای شیمیایی، دستگاه تنفس دچار آسیبهای متفاوتی می‌شود. بیک حادثه شایع این است که فردی در یک فضای بسته که در آن مواد شیمیایی مسمومیت‌زا انباشته شده باشد، مجبوس شود. اثرهای زیان‌آور ناشی از عوامل شیمیایی اغلب در فرد مسموم، کمبود بارز اکسیژن در خون را ایجاد می‌کند، که این امر در بهبود بیمار نقش عمده‌ای را ایفاء می‌کند.

جدول شماره ۲، پاره‌ای از ترکیبهای شیمیایی را که در ششها واکنش حاد و در برخی اوقات، واکنشهای کشنده ایجاد می‌کنند، نشان می‌دهد. این جدول، منابع تماس، اثرهای حاد ناشی از تماس با این گازها در غلظتهای بالا و تأثیرات زیان‌آور و مزمن ناشی از تماس نسبتاً اندک با این گازها را ارائه می‌کند. اثرهای همه این مواد، دست‌کم در حیوانات آزمایشگاهی با غلظت‌های مختلف به قدر کافی بررسی شده است. نتایج حاصل نشان‌دهنده این‌گونه عوامل زیان‌آور تنفسی بر روی

با استفاده روز افزون مواد مصنوعی (مانند پلاستیک و پلی‌یورتان‌ها) و سوزاندن آنها، ممکن است عوامل سمی دیگری در محیط آزاد شود، که در ارزیابی کسانی که دچار استنشاق دود شده‌اند، باید آن را در نظر داشت. برخی مواد مانند «ایزوسیاناتها»، «آمینهای آروماتیک» و «آلدئیدها» که در تولید مواد مصنوعی مانند پلاستیک، پلی‌یورتان و سایر پلی‌مرها به کار می‌روند، در عده‌ای از کارگران حتی با مقادیر فوق‌العاده جزئی سبب بروز حساسیت می‌شود. تماس مکرر با این عوامل شیمیایی در برخی از کارگران سبب بروز سرفه مزمن، تولید خلط، آسم، تب خفیف و بی‌حالی می‌شود. در برخی افراد به نظر می‌رسد که تماس با «دی‌ایزوسیانات» در حدی کاملاً کمتر از حد استاندارد صنعتی، آسم مزمن و مداوم ایجاد می‌کند.

تب ناشی از بخار پلی‌مرها:

يك راه غير معمول تماس با گازهای شیمیایی در «تب ناشی از بخار پلی‌مر»^۲ رخ می‌دهد. پلی‌مرها به ویژه فلورئید کربن که در شرایط عادی دما، واکنشی ایجاد نمی‌کنند، ممکن است توسط دست کارگرانی که با این مواد سروکار دارند به سیگار منتقل شده و هنگام سوختن سیگار پلی‌مرهای مزبور تبخیر و مادهٔ زیان‌آور استنشاق شده، تب لرز، بی‌حالی و گاهی حالت خس‌خس در دستگاه تنفس ایجاد نماید. حالت مشابه دیگری نیز در کارگرانی که در معرض پلی‌مرهای گرما دیده قرار می‌گیرند مشاهده می‌شود؛ بی‌آنکه سیگار استعمال کنند. روشن است که این بیماری با مراقبت‌های مناسب بهداشتی در محیط کار مهار می‌شود.

تب ناشی از بخار فلزها:

بیماری دیگری که خودبه‌خود محدود شده و علائم آن مشابه آنفلونزا است به «تب ناشی از بخار فلزها»^۴ موسوم است. این بیماری در اثر تماس حاد با بخارها یا دود ناشی از فلزهایی چون روی، مس، منیزیم و سایر فلزهایی که بخار می‌شوند، رخ می‌دهد.

نتیجه‌گیری:

رعایت نکات ایمنی در محیط کار برای پیشگیری از ابتلا به عوارض، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به علاوه اقدامات حفاظتی و پیشگیری‌کننده، آموزش افراد، شناخت این عواض و در صورت نیاز درمان به موقع آنها در کاهش مخاطرات بعدی این گونه بیماری‌های شغلی تنفسی لازم است.

جدول ۲ برخی از عوامل شیمیایی زیان‌آور تنفسی

عوامل زیان‌آور	منابع تماس	اثرات حاد (ناشی از تماس با غلظت زیاد)	اثرات مزمن با تماس نسبتاً اندک مزمن
بخارهای اسیدی (Acid Fumes) مانند: اسید سولفوریک اسید نیتریک	<ul style="list-style-type: none"> تولید کود شیمیایی ترکیبات کلردار آلی رنگها مواد منفجره محصولات لاستیکی پلاستیک‌ها قلم زنی (فلزها با تیزاب) 	<ul style="list-style-type: none"> تحریر مخاط التهاب شیمیایی روی ۲ تا ۳ روز بعد 	نامعلوم
آمونیاک	<ul style="list-style-type: none"> سرد سازی پالایش نفت تولید کود شیمیایی پلاستیک و سایر مواد شیمیایی 	مشابه بخارهای اسیدی	التهاب مزمن نایژه (برونشیت مزمن)
سیانیدها (Cyanides)	<ul style="list-style-type: none"> آب فلزکاری تولید آینه‌ها استخراج طلا و نقره مواد فرار دفع آفات 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تعداد تنفس وقفه (ایست) تنفس اسید خونی ورم روی مرگ 	نامعلوم

عامل زبان آور	منابع تماس	اثرات حاد (ناشی از تماس با غلظت زیاد)	اثرات مزمن با تماس نسبتاً اندک مزمن
دی آزومتان (Diazomethane)	● عامل متیل کننده در ترکیبهای اسیدی ● در کارکنان آزمایشگاه	● سرفه شدید ● تنگی نفس ● حساسیت سینه ● ورم ریوی	نامعلوم
فرمالدئید Formaldehyde	● تولید رزینها، چرمها، لاستیک، فتراو چوب ● در کارکنان آزمایشگاهها ● مومیا گران	● مشابه اثرات ناشی از بخارهای اسیدی	سرطان در گونه‌ای از حیوانات، در مورد انسان اطلاعاتی در دست نیست.
هالیدها (کلر، برم، فلوئور)	● مواد سفید کننده در صنایع کاغذ سازی، صنایع نساجی، تولید مواد شیمیایی، لاستیک مصنوعی، پلاستیکها ● ضد عفونی کننده‌ها ● سوخت جت ● بنزین	● تحریک مخاطی ● ورم ریوی ● احتمال کاهش ظرفیت ریه‌ها ۱ تا ۲ سال بعد	- خشک شدن مخاط - خون دماغ ● اثر فلوئور بر روی دندانها ● التهاب نای و نایژه.
ایزوسیاناتها TDi } HDi } MDi } (isocyanates)	● تولید بخارهای پوئی یورتان ● پلاستیکها ● چسبها ● پوششهای سطحی	- تحریک مخاطی - تنگی نفس - سرفه - حساسیت سینه - ورم ریوی	- تحریک دستگاه تنفسی فوقانی - آسم - سرفه - التهاب آلرژیک کیسه‌های هوایی ششها
دی اکسید نیتروژن (Nitrogen dioxide)	● قلم زنی فلزها ● مواد منفجره ● علف تازه ● سوخت جت‌ها ● جوشکاری ● فراورده‌های ناشی از سوختن سوخت‌های سنگواره‌ای (فسیلی)	● سرفه ● تنگی نفس ● ورم ریوی احتمال التهاب نایژکی انسدادی در ۲ تا ۶ هفته	● آمفیزم ریه در حیوانات، ● التهاب مزمن نایژکی؟

عوامل زیان آور	منابع تماس	اثرات حاد (ناشی از تماس با غلظت زیاد)	اثرات مزمن با تماس نسبتاً اندک مزمن
ازون	● جوشکاری بوبرها آلودگی فتوشیمیایی هوا	● التهاب مخاطی ● ورم و خونریزی ریوی	تحريك مزمن چشم
انیدرید فتالیک	● تولید استرهای رزینی ● رزینهای پلی استر ● چسبهای گرما دیده	● تحريك بينی ● سرفه	آسم التهاب نایژه مزمن (برونشیت مزمن)
دی اکسید گوگرد	● تولید اسید سولفوریک ● مواد سفیدکننده ● پوشش فلزهای غیر آهنی ● سرد سازها ● سوختن سوخت‌های سنگواره‌ای ● تولید خمیر کاغذ در صنایع غذایی	- تحريك مخاطی - خون دماغ	التهاب مزمن نایژه؟

پانوشتها:

منابع و مآخذ:

۱. Occupational Lung disease
۲. Acute Respiratory irritation
۳. Polymer fume fever
۴. Metal fume fever

۱. Braunwald & et al, Harrison's Principles of Principles Internal Medicine, 1987 P:1073.
۲. Man DEL. J. H. & BAKER, Hospital Practice Vol. 24, January 1999, P 21, 22, 27.
۳. Weill J, Occupational Pulmonary diseases & Aate & Accidental ex Posures to Irritant gases, in Pulmonary diseases & disorders. 2d ed, AP Fishman Newyork, 1987, Ch. 54.

فرمول مولکولی هیدروکربن ناشناخته را تعیین کنید. حجم گازها در دما و فشار استاندارد (STP) داده شده است.

شماره ۴

از کربید کلسیم و آب به عنوان مواد اولیه در تهیه اتانل، اسید استیک، اتیلن و پلی اتیلن، کلریدوینیل و بنزن استفاده می شود.

معادله شیمیایی پایه برای تهیه هریک از ترکیبهای یاد شده از آب و کربید را بنویسید

شماره ۵: تجربی

الف - سه لوله آزمایش به شماره های ۱، ۲ و ۳ مخلوطهایی از دو ماده شیمیایی از زوجهای زیر را در بر دارند:

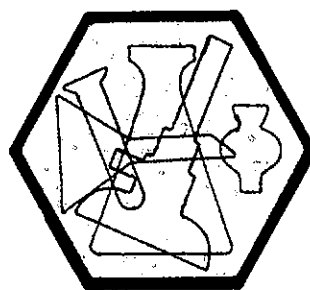
- ۱- $MgSO_4 - NH_4Cl$ ، $NaCl - Ca(NO_3)_2$ ، $ZnSO_4 - NaBr$
۲- $ZnCl_2 - (NH_4)_2SO_4$ ، $CaCl_2 - NaNO_3$ ، $AlCl_3 - KBr$
۳- $NH_4Cl - Ba(NO_3)_2$ ، $KCl - MgSO_4$ ، $KNO_3 - Na_2CO_3$
۴- $Al(NO_3)_3 - NaCl$ ، $K_2CO_3 - ZnSO_4$ ، $MgCl_2 - KNO_3$

ب - لوله های آزمایش شماره ۵ و ۶ هریک یکی از اجسام زیر را دارا است:

گلوکز، ساکارز، اوره، اسنات سدیم و اسید اکسالیک با استفاده از معرفهای موجود بر روی میز آزمایشگاه محتوی هر لوله آزمایش را معین کنید. دلیل هر یک از آزمایشهای را که انجام می دهید ذکر کنید و معادله واکنشهای مورد نظر را هم بنویسید.

شماره ۶: تجربی

در آزمایشگاه نمونه هایی از منیزیم، روی و آلومینیم که جرم آنها به دقت معین شده است در اختیار شما قرار می گیرد. هر یک از نمونه ها را در محلول ۳N HCl (اسید کلریدریک سه نرمال) حل کنید. گاز حاصل از هریک را در زیر یک استوانه مدرج بر روی آب جمع آوری کنید. جرم هر یک از نمونه ها را از روی حجم گاز حاصل از حل شدن آن در اسید به دست آورید. برای محاسبه به دما و فشار آزمایشگاه در هنگام آزمایش دقت کنید. (برای سادگی می توانید فرض کنید حجم گازها را در شرایط STP اندازه گرفته اید).



نمونه های از

پرسشهای المپیاد شیمی ۱۹۶۹

شماره ۱

۲۰g سولفات پتاسیم را در $150^\circ C$ آب حل می کنیم و محلول به دست آمده را الکترولیز می نمایم. پس از انجام الکترولیز دیده می شود که محلول باقیمانده دارای ۱۵٪ جرمی سولفات پتاسیم است.

حجم اکسیژن و هیدروژن حاصل در دمای $20^\circ C$ و فشار ۱۰۱۳۲۵ Pa چقدر است؟

شماره ۲

ترکیب A دارای ۳۷/۳۸٪ پتاسیم، ۱۳/۸۵٪ نیتروژن و ۴۸/۴۷٪ اکسیژن است.

این ترکیب در نتیجه گرم کردن به ترکیب B که ۴۵/۸۵٪ پتاسیم، ۱۶/۴۷٪ نیتروژن و ۳۷/۶۶٪ اکسیژن دارد تبدیل می شود.

فرمول مولکولی هر یک از این دو ترکیب کدام است؟ معادله شیمیایی مورد نظر را بنویسید.

شماره ۳

$10^\circ C$ از یک هیدروکربن گازی نامعلوم را با $70^\circ C$ اکسیژن مخلوط کرده و در آن جرقه الکتریکی می زنیم. پس از انجام واکنش لازم و سرد شدن بخار آب حاصل، حجم گازهای باقیمانده $65^\circ C$ می شود. از عبور دادن گازهای باقیمانده از درون محلول پتاس حجم آنها به $45^\circ C$ کاهش می یابد.

استفاده از

متر

چوبی مدرج

برای

نشان داران

خطا در

اندازه گیری

از مجله: Chemical Education 1989

نوشته: روبرت سورا از آکادمی علوم استین
ترجمه: محمد باقر جلالی کارشناس
پژوهش آموزش نظامهای جهانی

در آغاز هر سال تحصیلی به شاگردان شیمی عمومی آموزش داده می شود که تعداد ارقام با معنی و خطاهایی که در جریان اندازه گیری پیش می آید، بستگی به دستگاه اندازه گیری دارد. این مسئله را به راههای گوناگون به شاگردان می شود نشان داد. از جمله اینکه از آنها خواسته شود تا جرم چیزی را با سه نوع ترازو بسنجند:

یکی ترازوهای شاهین دار که با آن تا یک دهم گرم سنجیده می شود - دیگری ترازوهایی که با آن می شود تا یک صدم گرم را وزن کرد و بالاخره ترازویی خیلی دقیق و حساس که دقت اندازه گیری آن تا یک هزارم گرم باشد.

خطاهای این ترازوها به ترتیب به علاوه یا منهای یک دهم گرم $\pm 0.1g$ در ترازوی اول و یک صدم گرم $\pm 0.01g$ در ترازوی دوم و بالاخره در ترازوی سوم دقت اندازه گیری به

علاوه یا منهای یک هزارم گرم $\pm 0.001g$ خواهد بود.

این ترازوها نه تنها شاگردان را با کاربرد ترازو آشنا می کند بلکه نشان می دهند که همیشه در اندازه گیری، درصدی از خطا وجود دارد و استفاده از ابزار اندازه گیری دقیق تر خطا را کاهش می دهد ولی از بین نمی برد به این معنی که هر چه اندازه گیری دقیق تر باشد ارقام معنی دار به دست آمده، بیشتر است.

یک روش بهتر برای نشان دادن خطا در اندازه گیری عبارت از این است که بیاییم سه قطعه چوب مثلاً یک متری را که فواصل بر روی آن نشان داده شده (* مثل خط - کشهای چوبی مدرج که در تصویر دیده می شود) انتخاب کنیم به طوری که روی ارقام و اعداد متر چوبی «الف» طوری رنگ شده که تنها به متر قابل خواندن باشد. و متر چوبی «ب» تنها ده سانتیمتر به ده سانتیمتر یک در میان سیاه و سفید شده و با آن دسیمترها خوانده شود و آخر از همه بیاییم متر چوبی «ج» را با سانتیمتر مدرج کرده و سانتیمترها را یک در میان رنگ کنیم به گونه ای که به سانتیمتر قابل خواندن باشد. آزمایش را به ترتیب زیر شروع می کنیم:

دو خط به طول ۵ سانتیمتر و به فاصله هشتاد سانتیمتر بر روی تخته سیاه رسم می کنیم و سپس از دانش آموزان می خواهیم که فاصله بین دو خط را با هر یک از سه متر چوبی مدرج که در بالا گفته شده اندازه بگیرند.

متر چوبی «الف» یک رقم معنی دار را به دست می دهد آن دهم متر است که یک رقم تخمینی و تقریبی است همین آزمایش را با متر چوبی «ب» تکرار می کنیم با این متر که ده سانتیمتر به ده سانتیمتر سیاه و

سفید شده بود دو رقم معنی دار به دست می آید که رقم دهم دقیق تر و رقم صدم تخمینی است پس از آن آزمایش را با متر چوبی «ج» که سانتیمتر به سانتیمتر به صورت یک در میان رنگ شده است، آغاز می کنیم می بینیم که رقم های دهم و صدم آن دقیق است اما رقم هزارم تخمینی و حدسی است. این آزمایش به وضوح به شاگردان نشان می دهد که ارقام معنی دار به دست آمده به ابزار اندازه گیری بستگی دارد. هر چه ابزار اندازه گیری دقیق تر، ارقام معنی دار به دست آمده به حقیقت نزدیکتر است.

برای تأکید بر روی این مفهوم اکنون دو خط دیگر به فاصله هشت سانتیمتر روی تخته سیاه رسم می کنیم و از شاگردان می خواهیم که با متر چوبی «ج» فاصله دو خط را تخمین بزنید نتیجه این خواهد شد که درستی آن دو رقم با معنی را نشان خواهد داد. سپس از آنها می خواهیم که نتایج حاصل را به متر تبدیل کنند مثلاً (متر $0.083 \approx 8/3$ سانتیمتر) دوباره از آنها می خواهیم بگویند که در 0.083 متر، چند رقم معنی دار وجود دارد آنها بدون استثناء می گویند سه رقم سپس می گوئیم رقمهای معنی دار تغییر نمی کند چون وسیله اندازه گیری تغییر نکرده است این مطلب به ما اجازه می دهد که دو کاربرد «صفر» را توضیح بدهیم. یکی صفری که بعد از ممیز

قرار می گیرد که بدون معنی است دیگر صفری که به عنوان یک مقدار اندازه گیری شده به کار می رود که معنی دار است. علاوه بر این از متر چوبی مدرج می توان جهت نشان دادن خطای اتفاقی و خطای سیستماتیک نیز استفاده کرد.

بار دیگر در روی تخته سیاه دو خط به فاصله هفتاد سانتیمتر رسم می کنیم و از شاگردان می خواهیم که با متر چوبی «ب»

آن را تخمین بزنند.

و ... مقدار آن را روی تخته سیاه می نویسیم و میانگین آنرا معین می کنیم بعد از آن شاگردان می خواهند که فاصله دو خط را با متر چوبی «ج» اندازه بگیرند و آنرا به عنوان مقدار درست فاصله دو خط در نظر می گیریم پس از آن به شاگردان نشان می دهیم که میانگین اندازه گیری شده در مرحله اول بسیار نزدیک به مقدار حقیقی فاصله دو خط می باشد و در ضمن مقادیر تخمین زده شده به همان مقدار که بزرگتر از مقدار میانگین هستند به همان مقدار هم از آن کو چکترند این خطا را در تعیین مقدار تخمین زده شده يك اندازه گیری بروز می کند خطای اتفاقی می گویند. خطایی که بالاخره با متر چوبی «د» فاصله دو خط را اندازه می گیریم این متر انتهای چپ آن بریده شده و کوتاه تر است نتیجه آزمایش پیوسته بیشتر از مقدار واقعی است توضیح می دهیم که این خطا به نام خطای سیستماتیک است خطایی که از روش غلط کار با استفاده ابزار اندازه نادرست بروز می کند یا استفاده از متر چوبی دیگر می توان خطای سیستماتیک را حذف کرد با به کار گرفتن این چهار نوع متر چوبی که ذکر شد می توانیم در تفهیم خطا در اندازه گیری به شاگردان کمک کنیم.

اپارین،

آلكساندر ايوانوويچ

Oparin, Alexander Ivanovitch

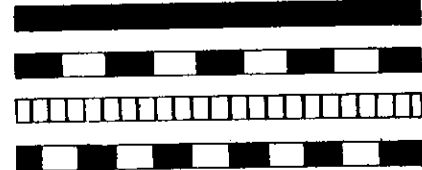


عبدالله ارسمانی

در شوروی گسترش داد. در سال ۱۹۷۸ سفری هم به ایران کرده بود. اپارین در سال ۱۹۳۹ عضو وابسته و از سال ۱۹۴۶ عضو پیوسته فرهنگستان علوم شوروی شد. او که شهرت جهانی یافته بود، در سال ۱۹۵۲ عضو افتخاری فرهنگستان بلغارستان، در سال ۱۹۵۵ عضو افتخاری انجمن زیست شیمیدانان ژاپن، در سال ۱۹۵۶ عضو افتخاری فرهنگستان علوم لئوپولد شهرینا، در سال ۱۹۵۸ مدیر افتخاری دانشگاه فریدریش شیلر شهرینا در رشته علوم طبیعی... و بالاخره در سال ۱۹۷۵ به ریاست جمعیت جهانی پژوهشهای مربوط به پیدایش زندگی برگزیده شد. او در سال ۱۹۷۴ همراه ا. ن. باخ، جایزه نین را دریافت داشت و نیز به اتفاق ی. ی. مچنیکوف مدال طلا گرفت. از کتابهای او می توان: پیدایش زندگی؛ پیدایش زندگی در زمین؛ منشاء شیمیایی زندگی (۱۹۶۵) و ... را نام برد. در سال ۱۹۷۸ درگذشت.

زیست شیمیدان روسی در سال ۱۸۹۳ متولد شد. او در سال ۱۹۱۷ رشته زیست شیمی دانشکده مسکو را به پایان رسانید. از آن پس در چندین انستیتو به کار پرداخت. در سال ۱۹۳۵ به اتفاق ا. ن. باخ انستیتو زیست شیمی فرهنگستان علوم شوروی را تأسیس کرد. تا سال ۱۹۴۶ قائم مقام بود و سپس به ریاست این انستیتو منصوب شد. در سالهای ۱۹۴۸-۱۹۵۵ دبیری فرهنگستان در رشته علوم زیست - شناسی آکادمی علوم شوروی را عهده دار بود در سالهای ۱۹۴۲-۱۹۶۰ مدیر کرسی زیست شناسی شیمی گیاهی بود. وی درباره پیدایش زندگی بر روی زمین نظریاتی دارد.

کارهای عمده اپارین در رشته زیست شیمی بر پایه تبدیل مواد خام گیاهی در اثر مخمرها در رستنیها است. وی ثابت کرد که تکنولوژی تولید يك ردیف محصولات غذایی، بر پایه کاتالیز زیستی استوار است. او زیست شیمی صنعتی را



چهارگونه متر که برای نشان دادن این مطلب که دقت وسائل اندازه گیری بر روی تعداد ارقام معنی دار اثر می گذارد و چگونه خطای اتفاقی و خطای سیستماتیک، اتفاق می افتد.

طبق ابلاغ مصوبات ستاد انقلاب فرهنگی، رشته شیمی - دوره کارشناسی دارای سه گرایش دبیری، محض و کاربردی است که اغلب دانشگاههای کشور دارای گرایشهای دبیری و محض و معدودی از جمله دانشگاه صنعتی شریف، گرایش کاربردی دارند. از آنجایی که این دانشگاه به عنوان اولین دانشگاه صنعتی اقدام به ایجاد چنین رشته‌ای در سالهای قبل از انقلاب نموده و تحت عنوان مهندسی علوم شیمی به فارغ التحصیلان این رشته مدرک کارشناسی اعطاء نموده است، بجاست پیرامون جایگاه و نقش این رشته در جامعه، صنعت و دانشگاه و بیان تفاوتها و شباهتهای آن با شیمی محض و مهندسی شیمی، برای داوطلبان ورود به دانشگاه، دانشجویان، اساتید و مسئولین آموزش عالی و دست اندکاران صنعت، توضیحی داده شود. باید روشن شود آیا عنوان (شیمی کاربردی) و یا (مهندسی علوم شیمی) کدامیک می تواند معرف این رشته باشند و یا اساساً باید هر دو این عناوین را ترك كرد و با شناخت بیشتر محتوای این رشته، عنوانی دیگر را انتخاب كرد كه این محتوی را به خوبی و بدون ابهام برای همگان و یا لاقبل دانشگاهیان برساند.

لازم به یادآوری است كه همانگونه كه عنوان بدون محتوی خالی از ارزش است، هر محتوایی هم باید در نهایت تحت قالب و عنوان خاص خود بیان شود به طوری كه نشانگر مواد تشكيل دهنده

آشنایی بیشتر با رشته شیمی کاربردی

سید محمد لواسانی
لیسانس شیمی کاربردی

آن محتوی باشد. حال بینیم این محتوی چیست و جایگاه آن در صنعت و دانشگاه کدام است تا بتوان عنوان مناسب برای آن یافت.

جایگاه و نقش شیمی کاربردی در صنایع شیمیایی

با توجه به پیشرفت روز افزون علوم تجربی و رشته های گوناگون آن از يك طرف و سرعت گسترش غیر قابل کنترل تكنيك و صنعت از طرف دیگر در قرن جاری، گرایشهای مختلفی از دل علوم پایه سر بر آورد و در عرصه نمایشی خود چنان پیش رفت كه حتی نقش فرزندى خود را هم فراموش كرد و در مواردی خود، مادر علوم دیگر شد. مثلاً امروز رشته مهندسی برق را كه خود فرزند فیزيك است تحت عناوین «مهندسی قدرت»،

«مهندسی مخابرات»، «مهندسی الكترونيك» و اخیراً «مهندسی پزشکی» می شناسند. همین شاخه شدن ها در سایر رشته ها هم به چشم می خورد. در میان علوم شاید به طور قطع بتوان گفت كه كمتر دانشی مانند علم شیمی دستخوش تنوع مطالب، رشته های گوناگون و تقسیم بندیهای موزون و ناموزون شده است. علم شیمی را گاه به عنوان علم مواد یاد می کنند و از اینجا است كه به عنوان پایه صنایع گوناگون اعم از شیمیایی و غیر شیمیایی، از آن استفاده می شود. این علم از يك طرف زیربنای تكنولوژی نفت و پتروشیمی است و از طرف دیگر گسترش این علم به سمتی است كه از آن به عنوان شاخه ای از علوم پزشکی تحت عنوان «شیمی درمانی» یاد شود. اکنون جا دارد این سؤال مطرح شود كه مهندسی شیمی چه جایی در این مجموعه دارد؟ آنچه مسلم است این كه مهندسی شیمی را می توان گرایشی از مهندسی مكانيك در فرایندهای شیمیایی دانست و لذا دامنه كار آن در طراحی، راه اندازی و حداكثر نظارت بر راکتورها و ماشین آلات صنایع شیمیایی است. اساساً در يك كارخانه تولیدی، اجرای يك پروژه شیمیایی، با جمع آوری اطلاعات و انجام پژوهشها و آگاهی از چگونگی واكنشهای انجام شده در راکتورها از يك طرف و استفاده از اطلاعات مهندسی مربوط به طراحی راکتورهای مربوط از طرف دیگر، شروع می شود. پس، به طور خلاصه اطلاعات شیمیایی و روش ساخت

آزمایشگاهی حد واسط (پایلوت پلنت) به عنوان پایه طرح و اطلاعات مهندسی در حکم ابزار طرح به کار می آید. و طبیعی است که هر يك از این دو، کار خاص خود را انجام می دهد. در مورد اطلاعات طراحی کارخانه نیاز به يك مهندس شیمی می باشد و در مورد تحقیقات اولیه و تولید آزمایشی در حد پایلوت پلنت نیاز به يك شیمیستی می باشد که فراتر از مکاینسم ها و تئوری های واکنش ها، آشنا به فرایندها و فرایندهای عملی گوناگون شیمیایی باشد. این گرایش را در حال حاضر به نام «شیمی کاربردی» می شناسند و در سابق با عنوان «مهندسی علوم شیمی» شناخته می شد.

جهت توضیح بیشتر، يك طرح جدید صنعتی را در نظر بگیریم و آن را از ابتدا یعنی مطالعات اولیه تا انتهای طرح یعنی بهره برداری و رسیدن به سطح تولید انبوه، بررسی کنیم. بینیم مسئولیت اجرای هر قسمت از مرحله طرح با کیست؟

مطالعات مربوط به فرمولاسیون و واکنش های شیمیایی و تحقیقات اولیه طرح، می تواند پیرامون انتخاب بهترین روش براساس نوع مواد اولیه مصرفی و راندمان تولید به ما کمک کند و پس از مشورت با مشاورین صنعتی، مناسب ترین روش انتخاب می شود. پس از انتخاب بهترین روش می توان کارخانه را به طور کامل و یا فقط دانش فنی را از خارج وارد کرد و بقیه کارها را از نظر انتخاب

تکنولوژی و دستگاهها مستقلاً عمل کرد.

و در حالت سوم این که خودمان به دانش فنی مربوط برسیم که این اصولی ترین روش است و باعث شکوفایی صنعت در داخل کشور می شود. پس از دستیابی به روش ساخت محصول در آزمایشگاه و به دست آوردن پارامترهای مختلف و اطلاعات

گوناگون برای ساخت و یا انتخاب دستگاهها و سیستم تولید، جهت ساخت پایلوت پلنت (ساخت کارخانه اصلی در اشل کوچک) اقدام می شود. در این مرحله مابقی تکنولوژی ساخت به خصوص در اشل بزرگ و صنعتی، تجسس شده و مشخص می شود و پس از انجام ساخت در اشل پایلوت و دستیابی به پارامترها و اطلاعات و ارقام جدید جهت ساخت کارخانه، اقدام به ساخت آن در اشل واقعی مورد نظر می شود. بدین ترتیب دستیابی به يك پروژه صنعتی با استفاده از دانش فنی داخلی پا می گیرد. حال چه کسی می تواند به نحوی شایسته هر مرحله از طرح را به کرسی عمل بنشانند؟

در مرحله مطالعه طرح، بررسی و شناخت روش های تولید، ساخت محصول در اشل آزمایشگاهی وحد واسط (پایلوت) و یافتن اپتیم های هر پارامتر در هر قسمت از مراحل تولید، نیازمند داشتن تخصصی می باشیم که در علم شیمی از يك طرف و شناخت مهندسی دستگاههای مختلف صنعتی و آزمایشگاهی و تلفیق آنها به نحو مطلوب و ایجاد سیستم تولید در حد پایلوت پلنت از طرف دیگر، مهارت لازم را داشته باشد. کارشناسی که این مرحله را می تواند به نحو شایسته به عهده بگیرد

باید هم يك محقق شیمی و هم يك مهندس آزمایشگاه باشد که این دو صفت در تخصص شیمی کاربردی، می توانند خلاصه شوند.

حال با بررسی این تخصص و پی بردن به جایگاه آن در صنعت، باید جایگاه يك دانشجوی شیمی کاربردی در دانشگاه از نظر فراگیری، نوع و تعداد واحدهای مربوط و تخصصی این رشته بررسی شود و با تجدیدنظر کلی در محتوای واحدهای درسی و تحول بنیادین در آن، این خلاء در پیشرفت صنعت ما پر شود، تا از انتقال تکنولوژی از خارج به جهان سوم رهایی یابیم و سعی شود با بنیادی شدن شاخه های مختلف صنایع و عدم وابستگی به خارج در هر خط تولید به لحاظ دانش فنی و تکنیک تولید، صنعت وابسته فنی را نجات دهیم. این امر عملی نمی شود مگر این که از این کانال یاد شده عبور کند.

به هر حال اکنون که دوران جنگ تحمیلی را پشت سر گذاشته ایم و دهه بسازسازی و سازندگی را در پیش رو داریم، جا دارد ضمن مشخص شدن جایگاه ها و به کارگیری تخصص ها، در موارد کاربردی خاص خودشان، تحولی اساسی در رشته شیمی کاربردی صورت گیرد و متناسب با نیاز صنعت شیمیایی کشور، واحدهای درسی و محتوای آنها تغییرات کلی پیدا کند و جهت تفهیم این محتوی از عنوانی مناسب نیز استفاده شود.

پیدا کردن زاویه پیوندی در مولکولهای چهار وجهی شکل

ترجمه از: ثریا حق پرست فروحی
معلم شیمی منطقه ۱۵ تهران

سالها به دانش آموزانم تعلیم داده‌ام، در مولکولهایی که به شکل چهار وجهی اند، زاویه پیوندی حدود 109.5° می باشد تا اینکه در این سال دانش آموزی از من خواست که آن را ثابت کنم. به دنبال این مطلب، دریافتم که توجه این مسئله پیچیده تر از آن بود که در آغاز به نظرم می آمد.

کلید مهم شکل هندسی این مسئله، محاط کردن چهار وجهی درون یک مکعب است، به طوری که لبه‌های چهار وجهی یعنی اضلاع آن قطرهای وجوه مکعب را تشکیل دهند. برای این که مطلب بهتر نمودار شود، مدلی برای این کار از نخهای تاییده در درون جعبه‌ای (مکعبی شکل) ساختم که هر لبه جعبه ۱۱ اینچ طول داشت. به این ترتیب که نخ سیاه را برای درست کردن چهار وجهی ونخ قرمز را برای نمایش شکل هندسی مولکول محاط شده درون مکعب مذکور به کار بردم. (به شکل ۱ نگاه کنید) برای مکعبی که طول هر ضلع آن واحد (۱) باشد، قطر هر وجه مکعب $\sqrt{2}$ و قطر داخلی مکعب $\sqrt{3}$ می شود. (به شکل ۲ نگاه کنید). چهار وجهی محاط در درون چنین مکعبی دارای طول ضلعی برابر با قطر هر وجه یا $\sqrt{2}$ است. (به شکل ۳ نگاه کنید). از آن جایی که مرکز مولکول در چنین حالتی به فاصله مساوی از تمام گوشه های مکعب قرار می گیرد، طول پیوند مولکول نصف طول قطر داخل مکعب یا $\frac{\sqrt{3}}{2}$ است. (به شکل ۴ نگاه کنید) اکنون می توان به طور مستقیم توسط روابط کوسینوس زاویه ها، اندازه زاویه θ را به دست آورد.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab(\cos\theta)$$

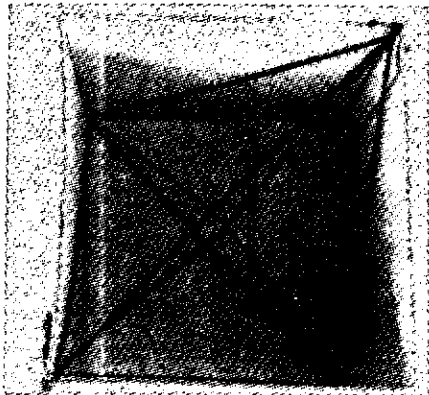
زاویه θ روبه روی ضلع C قرار دارد، حال به جای C،

$\sqrt{2}$ و به جای a و b، $\frac{\sqrt{3}}{2}$ می گذاریم، نتیجه می شود:

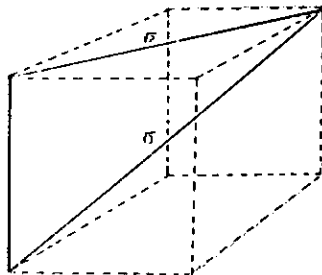
$$2 = \frac{3}{4} + \frac{3}{4} - 2\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)(\cos\theta)$$

$$\cos\theta = -0.333333 \Rightarrow$$

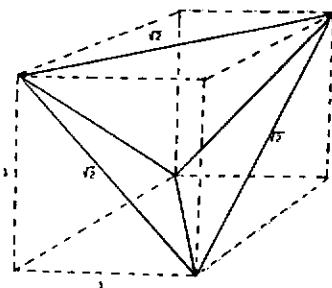
$$\hat{\theta} = \arccos(-0.333333) = 109^\circ 28'$$



شکل شماره ۱: مدلی برای مولکول به شکل چهار وجهی که از نخ ساخته شده و در یک جعبه محاط شده است.



شکل شماره ۲: طولهای مربوط به قطرهای وجوه و قطر داخلی یک مکعب.



شکل شماره ۳: یک چهار وجهی که در یک مکعب محاط شده است و در آن ارتباط طول اضلاع چهار وجهی با طول اضلاع مکعب محیط بر آن، نشان داده شده است.

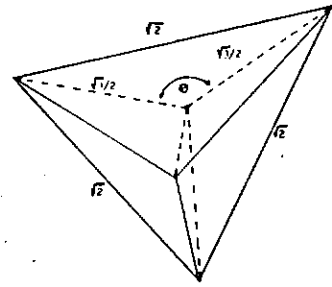


اخبار

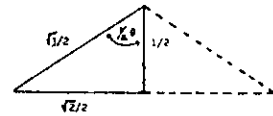
● کنگره شیمی و مهندسی شیمی ایران
چهارمین کنگره شیمی و مهندسی شیمی
ایران از ۱۳ تا ۱۶ شهریورماه ۱۳۶۸ در
دانشگاه گیلان برگزار شد.

● گردهمایی آشنایی با شیمی کاربردی
دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی شریف به
منظور تبادل اطلاعات بین دست‌اندرکاران
صنایع و دانشگاهیان نخستین گردهمایی
آشنایی صنایع با شیمی کاربردی را در
روزهای ۲۲ و ۲۳ خردادماه ۶۹ برگزار
می‌کند موارد مورد بحث در این گردهمایی
عبارت‌اند از:

- ۱- آشنایی با شیمی کاربردی و نقش
متخصصین شیمی کاربردی در صنایع
 - ۲- نوآوریهای متخصصین شیمی کاربردی در
صنایع داخلی
 - ۳- مشکلات و انتظارات صنایع در ارتباط با
استفاده از متخصصین شیمی
 - ۴- ضرورت تحقیقات در توسعه صنایع
شیمیایی و بهره‌گیری از قابلیت‌های متخصصین
شیمی کاربردی در این زمینه.
- از صاحب نظران و متخصصین که مایل به ارائه
مقاله و سخنرانی در موضوعات بالا می‌باشند.
خلاصه مقاله خود را در حداکثر ۳۰۰ کلمه تا
پایان فروردین‌ماه ۱۳۶۹ به آدرس تهران
صندوق پستی ۸۶۳۹ - ۱۱۳۶۵ دانشگاه
صنعتی شریف، دانشکده شیمی کمیته
برگزارکننده نخستین گردهمایی آشنایی صنایع
با شیمی کاربردی ارسال دارند.



شکل شماره ۴: طولهای پیوند زاویه پیوندی θ از یک مولکول
محاط شده در یک چهار وجهی.



شکل شماره ۵: یک مثلث قائم‌الزاویه که در آن چگونگی
اندازه‌گیری زاویه θ $\frac{1}{2}$ معین شده است.

باسخ جدول شماره ۴

اقت - ابراهیم پور
معلم شیمی دبیرستانهای رشت

افقی

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ۱- انیدرید کرمیک | ۲- اورینتال |
| ۳- تنگستن - آزو | ۴- کان |
| ۵- ات | ۶- بوتان |
| ۷- تخمیر - کلر - مس | ۸- پیرکس |
| ۹- بازی - ورشو | ۱۰- تتا - ال - شبنم |
| ۱۱- زی | ۱۲- اسید اسکوربیک |

عمودی

- | | |
|--------------------|-------------------|
| ۱- ازت - بی - تترا | ۲- ان - توپ |
| ۳- تری بازیک | ۴- سم - اخرا - ید |
| ۵- کار - نمک‌زا | ۶- یونی - سیلیس |
| ۷- رد | ۸- کبود - پل - وش |
| ۹- ریز - شن | ۱۰- متان - رب |
| ۱۱- یا - کادمیوم | ۱۲- کلرات |

مراجع

- 1- Brown, H. "Adventures on the Borane Trail," Purdue University, West Lafayette, IN 47907.
- 2- Cachapas, A. "Learning Chemical Thermodynamics at School: The Use of Non-Interactive Views to Interpret Energy Changes." University of Aveiro, Aveiro 3800-Portugal.
- 3- Barnes, Z., Grant, K., and Herron, D. "Computer Diagnosis of Basic Problem-Solving Skills of Remedial Chemistry Students." Lafayette College, Easton, PA 18042.
- 4- Schilk, J., King, M., and Carter, C. "A Problem Solving Approach to an Interdisciplinary Bioinorganic Laboratory." The Ohio State University, Columbus, OH 43210.
- 5- Carter, C., and Bodner, G. "How Do I Really Know There Are Seven Valence Electrons Around the Cl Molecule? Relationships Between Student Beliefs and Conceptual Development." The Ohio State University, Columbus, OH 43210.
- 6- Metz, P. "Group Dynamics in the Chemistry Classroom." Purdue University, W. Lafayette, IN 47907.
- 7- Wilkins, C., Hunter, N., and Pearson, E. "Chemistry in Action: An Alternate Approach to Descriptive Chemistry." Western Kentucky University, Bowling Green, KY 42101.
- 8- Carr, J. "Reaction of the Day" in General Chemistry." University of Nebraska, Lincoln, NE 68588-0340.
- 9- Treprow, B. "Element Probe: An Audio-Visual Game." Chicago State University, Chicago, IL 60628.
- 10- Bassow, H. "Predicting Crystal Structure Using Simple Geometry." Germantown Friends School, Philadelphia, PA 19144.
- 11- Stone, H. "Soda Straw Symmetry: Make and Take Models." Ben L. Smith High School, Greensboro, NC 27407.
- 12- Tannenbaum, G. "Toys in a High School Chemistry Class? A Great Way to Go!" Fairfield High School, Fairfield, OH 45014.
- 13- Gardner M. "Inservice Education Through IISME." University of California, Berkeley, CA 94720.
- 14- Liebermann, Jr., J. "A Summary of the Experiments and Low-Cost Equipment Presented at the 9th ICCE." Thomas Jefferson High School for Science and Technology, Alexandria, VA 22312.
- 15- Crean, F., VanLanen, R., and Yates, M. "Tailored to Fit—Take Home's a Hit: A Chemistry Retraining Program for Secondary Teachers." Saint Xavier College, Chicago, IL 60655.
- 16- Schrader, C. "What Should be Taught in High School Chemistry?" Dover High School, Dover, OH 44622.
- 17- Zumdahl, S. "Content of High School Chemistry." University of Illinois, Urbana, IL 61801.
- 18- Harrison, A. "Chemistry in the Community (CHEMCOM): The Philosophy Driving its Development." Mount Holyoke College, South Hadley, MA 01075-1483.
- 19- Helkkinen, H. "CHEMCOM in a Broader Curricular Context." University of Northern Colorado, Greeley, CO 80639.
- 20- Eubanks, I. "Preparing Teachers to Use CHEMCOM." Oklahoma State University, Stillwater, OK 74078.
- 21- Ware, S. "CHEMCOM: Future Opportunities for Promoting Chemistry Literacy." American Chemical Society, 1155 16th St., NW, Room 814, Washington, DC 20038.
- 22- Gerlach, D. "Teaching Applied Chemistry Through a Laboratory Oriented Program." Tremper High School, Kenosha, WI 53140.
- 23- Walsh, M. "Liquids and Solids: A Teaching Unit." Pike High School, Indianapolis, IN 46268.
- 24- Frank, D. "A Missing Variable from the Problem-Solving Equation: Students' Beliefs." Ferris State University, Big Rapids, MI 49307.
- 25- Cardulla, F. "High School Chemistry Teaching: Problem Solving." Niles North High School, Skokie, IL 60062.
- 26- Orna, M., Gardner, M., and Brooks, D. "Consider—The Source, Chamsource." College of New Rochelle, New Rochelle, NY 10801.
- 27- Antion, D. "Project Interaction: An Effective Model for the Continuing Education of High School Chemistry Teachers." University of South Carolina, Columbia, SC 29208.
- 28- Bedenbaugh, J., and Bedenbaugh, A. "College Faculty Can Influence High School Chemical Education—An Evolving Statewide Project." University of Southern Mississippi, Hattiesburg, MS 39406-8466.
- 29- Mattson, B. "Have a Chemistry Field Day in Your Area." Creighton University, Omaha, NE 68178.
- 30- Ensor, D., Swindell, R., Crouse, D., and Scott, J. "Science Incentive Workshops." Tennessee Technological University, Cookeville, TN 38505.
- 31- Sherman, M. "Chemistry Enrichment Workshops for Teachers and Students." Ursuline Academy, St. Louis, MO 63122.
- 32- Juergens, F. "Boiling Hot—Freezing Cold: A Lecture Demonstration Program for Middle School Children." University of Wisconsin—Madison, Madison, WI 53706.
- 33- Strelberg, A. "Chemistry in an Articulated K-6 Curriculum." Raymond School, Fullerton, CA 92831.
- 34- Kotz, J. "KC? Discover: The Periodic Table Comes Alive." Project SERAPHIM.
- 35- Benbow, A. "Wonder Science Activities/PACTS." ACS Education Division.
- 36- Marek, L. "Boltzmann Distribution Via Popcorn." 899 N. Mill St., Naperville, IL 60540.
- 37- Ciparick, J. "Teaching Chemistry in an Inner-City School: Are There Special Considerations?" DeWitt Clinton H.S., New York, NY 10468.
- 38- Hilderbrand, D., Jensen, W., Peterson, G., and Helm, W. "Networking South Dakota Science Teachers." South Dakota State University, Brookings, SD 57007.
- 39- Crosby, G. "Rethinking the Teaching of Physical Chemistry." Washington State University, Pullman, WA 99164-4630.
- 40- Kinsey, P. "Thermodynamics Without Tears." University of Evansville, Evansville, IN 47714.
- 41- Magyar, J. "Fluorescence Spectroscopy as a Unifying Theme in the Chemistry Curriculum." Rhode Island College, Providence, RI 02908.
- 42- Zipp, A. "Descriptive or Theoretical Inorganic Courses for Sophomores?" SUNY-Cortland, Cortland, NY 13045.
- 43- Scaife, C. "Sophomore Inorganic Chemistry at Four-Year Colleges." Union College, Schenectady, NY 12308.
- 44- Wulfberg, G. "Teaching Descriptive Inorganic Chemistry Based on Chemical Principles: At the Freshman, Sophomore, or Senior Level?" Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN 37132.
- 45- Kotz, J. "A Descriptive Inorganic Chemistry Course: Some Experiences." State University of New York, College at Oneonta, Oneonta, NY 13820.
- 46- Birk, J. "An Intelligent Tutor for Predicting Inorganic Reactivity." Arizona State University, Tempe, AZ 85287.
- 47- Myers, R. "It's Time to Stop Teaching Myths." Kent State University, Kent, OH 44242.
- 48- Krol, J., and Carter, C. "Concepts in High School Chemistry: Some Analogies and Extension Problems." The Ohio State University, Columbus, OH 43210.
- 49- Brickhouse, N. and Carter, C. "What Makes Chemistry Difficult? Alternate Perceptions." Purdue University, W. Lafayette, IN 47907.

اطلاعه

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور که بمنظور ارتقاء سطح دانش معلمان و ایجاد ارتباط متقابل میان صاحب نظران، معلمان و دانشجویان با برنامهریزان امور درسی از سوی دفتر تحقیقات و برنامهریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامهریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش هر سه ماه یکبار - چهار شماره در سال - منتشر می شود در حال حاضر عبارتند از:

۱ - آموزش ریاضی ۲۳	۵ - آموزش زیست شناسی ۱۸	۹ - آموزش معارف اسلامی ۶
۲ - آموزش شیمی ۲۱	۶ - آموزش زبان ۱۹	۱۰ - آموزش علوم اجتماعی ۲
۳ - آموزش جغرافیا ۱۹	۷ - آموزش زمین شناسی ۱۷	
۴ - آموزش ادب فارسی ۱۹	۸ - آموزش فیزیک ۱۶	

دیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقمندان به اشتراک این مجلات می توانند جهت دریافت چهار مجله در سال مبلغ ۴۰۰ ریال به حساب ۹۲۹ خزانه بانک مرکزی - قابل پرداخت در کلیه شعب بانک ملی - واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شده زیر به نشانی تهران، جاده آجلی، خیابان سازمان آب، بیست متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ - تلفن ۷۸۵۱۱۰ - ارسال دارند. ضمناً معلمان، کارشناسان، مدیران، پژوهشگران و سایر علاقمندان به امور تعلیم و تربیت جهت آگاهی بیشتر از یافته های صاحب نظران می توانند با پرداخت مبلغ ۸۰۰ ریال در هر سال ۴ جلد فصلنامه تعلیم و تربیت دریافت نمایند.

♦ دانشجویان مرکز تربیت معلم می توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی خود از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.



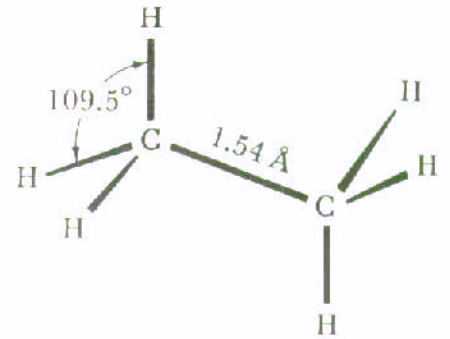
فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجانب با ارسال فیش واریز مبلغ ۴۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکساله مجله رشد آموزش هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان شهرستان خیابان کد پستی تلفن
کوچه پلاک

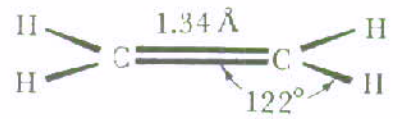
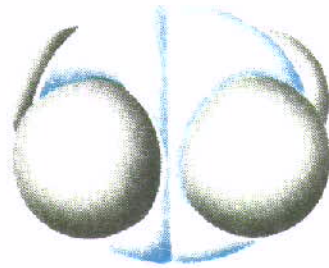
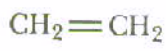
آلكان

اتان



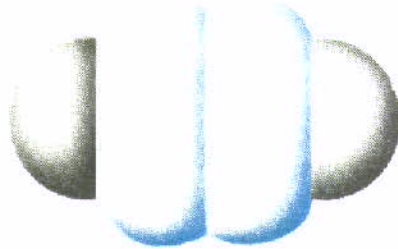
آلكن

اتيلن



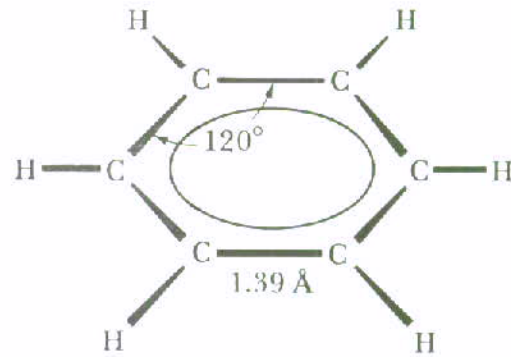
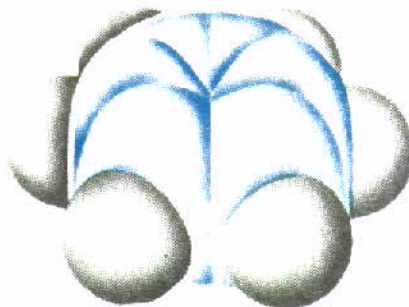
آلكير

استيلن



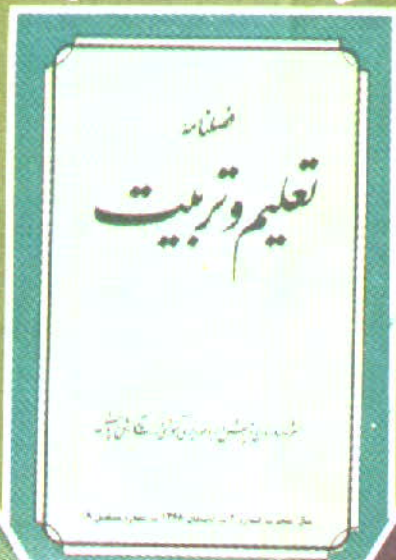
آروماتيك

بنزن



نام، ساختار هندسی و فرمول مولکولی

قابل توجه
دبیران و
دانشجویان



آیا شما
مجلات

رشد تخصصی

مخصوص دبیران و دانشجویان که هر
سه ماه یکبار در زمینه آموزش دروس
دبیرستانی منتشر می شود را می خوانید؟

