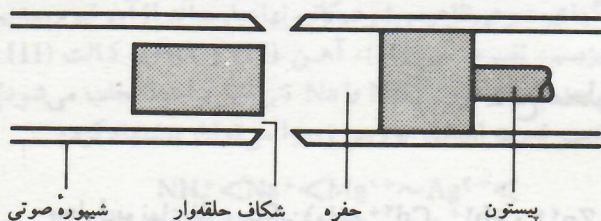


آشنایی با صوت شیمی

تیموفی جی. میسون

امواج صوتی با بسامد زیاد معمولاً جنین نگاری، پردیابی در زیر آب و سیستم ارتباطی خفایشی را تداعی می کند، ولی شاخه ای از شیمی به نام «صوت شیمی» سریعاً در حال توسعه است که از امواج فراصوت بهره می گیرد.

در اوایل قرن نوزدهم کارهای مربوط به فراصوت با بهره گیری از روشهای تولید مکانیکی امواج نظیر سوت گالتون انجام می شد (شکل ۲). بسامد صوت منتشر شده را می توان به وسیله حرکت پیستون تنظیم نمود.



شکل ۲. سوت گالتون

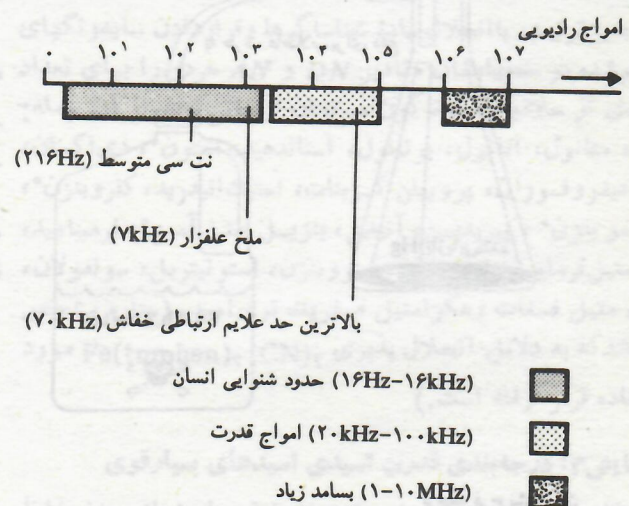
امواج فرا صوت، از نظر تعریف، به امواجی اطلاق می شود که در ورای قدرت شنوایی انسان قرار دارد و در بادی امر از روی اثر آن بر روی شعله دم ماهی شکل چراغ بونزن تشخیص داده می شد. امواج صوتی باعث پخش شعله کوتاه چراغ می گردد. امروزه تولید و تشخیص امواج فراصوت با بهره گیری از خواص پیزوالکتریک بعضی از بلورها نظیر کوارتز انجام می شود. نمودار ساده یک بلور کوارتز نسبت به سه محور x ، y و z در شکل ۳ رسم شده است. اگر قطعه نازکی از این بلور را به ترتیبی ببریم که سطوح بزرگ آن عمود بر محور x باشد (برش x بلور کوارتز)، قطعه حاصل دو خاصیت پیزوالکتریک زیر را از خود نشان خواهد داد که مکمل یکدیگرند.

□ اگر بر سطوح بزرگ بلور فشار وارد آید، در هر یک از دو وجه بار الکتریکی مساوی و مخالف ایجاد می شود. هر گاه وجه مذکور تحت کشش قرار گیرند، علامت بارها تغییر می کند.
□ هر گاه یک بار الکتریکی بزرگ وجه و بار مساوی و مخالف با

واژه «صوت شیمی» به عنوان روشی برای افزایش سرعت واکنش و یا در صد محصول واکنش در فرهنگ شیمی وارد شده است، پس از برگزاری سمپوزیومی در این مورد از طرف انجمن سلطنتی شیمی در کنگره سالانه دانشگاه وارویک (آوریل ۱۹۸۶)، این موضوع مورد توجه بیشتری قرار گرفته است.

اصول کلی

حدود شنوایی از ۱۶ Hz تا ۱۶ kHz است (با توجه به اینکه ارتعاشات نت سی متوسط ۲۱۶ Hz و ارتعاشات صوتی ملخ علفزار در حدود ۷ kHz است). بسامدهای بالاتر تا ۵۰۰ MHz را محدوده فرا صوت می گویند. در آن میان فاصله ۲۰-۵۰ kHz در تمیز کردن و صوت شیمی به کار می رود، بالاترین حد علائم ارتباطی خفایش است و بسامدهای ۲-۵ MHz در امواج فراصوت پزشکی برای تهیه اسکن (scan) مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۱).



شکل ۱. بسامدهای مختلف صوتی

1. Galton whistle

1. Warwick

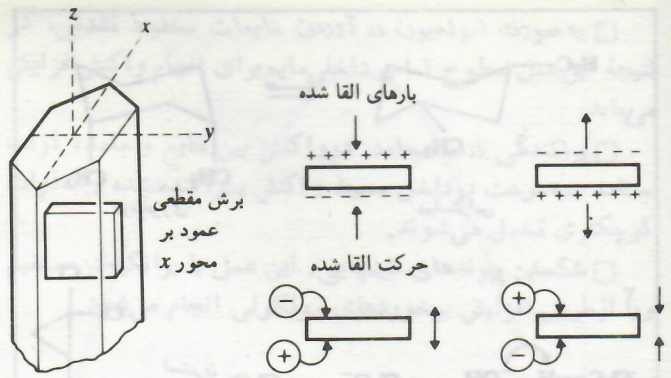
زیردریایی متفقیین» که به اختصار ASDIC* نامیده می‌شود، بسیار حائز اهمیت بود. توسعه بعدی این روش منجر به پیدایش سیستمی به نام SONAR** گردید که بررسی دقیق دریاهای اطراف را ممکن می‌ساخت. مثلاً با استفاده از سونار با امواجی به بسامد ۳۰ kHz و تپ ۵۰۰ میلی ثانیه و برون داد توان نسبتاً زیاد ۸ kW، می‌توان ماهیهای به طول ۳۵ cm را در عمق ۴۶۰ m تشخیص داد. سیستم ASDIC سی سال زودتر از سیستم مشابه آن RADAR*** مورد استفاده قرار گرفته است.

هر نوع تصویرسازی، از فراصوت پزشکی گرفته تا آزمایش غیر تخریبی با همان روش تپ-پژواک ولی با سخت افزار الکترونیکی بسیار ظریف انجام می‌گیرد. این ظرافتها به دستگاه امکان می‌دهد که نه تنها امواج بازتابیده از توده‌های حجیم متفاوت در محیط انتقال صوت (نظیر زیر دریایی در آب)، را آشکار سازد بلکه تغییرات ظریفتر محیط (نظیر اختلاف بین بافتهای بدن) را نیز نشان دهد. در این نوع کاربردها، امواج صوتی با بسامد زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا با استفاده از طول موجهای کوتاهتر آشکار سازی محدوده‌های کوچکتری از تغییر فاز ممکن می‌شود یعنی «وضوح» بیشتری حاصل می‌گردد.

در کاربردهای شیمیایی فراصوت پربسامد، بازتاب امواج صوتی مورد توجه نیست بلکه ضعیف شدن آنها در محیطی که از آن عبور می‌کنند مورد نظر است. این مطالعات بر اساس میزان جذب صوت در محیط قرار دارد.

عبور امواج صوتی از مخلوطهای اتانول در آب با ترکیب درصدی متفاوت را در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه هر دو مایع اتانول و آب به هم شبیه و دارای پیوندهای هیدروژنی بسیارند (گرچه پیوندهای هیدروژنی در آب سه بعدی و در اتانول دو بعدی است)، انتظار می‌رود با تغییر درصد حلال مخلوط از آب به اتانول میزان جذب به طور کاملاً یکنواخت تغییر کند، ولی مشاهده می‌شود که تغییرات بیش از حدود «انتظار» است و در غلظت ۵۰ درصد وزنی الکل (۳۰ درصد کسر مولی) منحنی جذب دارای نقطه ماکسیمم است. بخشی از جذب فراصوت توسط این گونه مخلوطها به خاطر آن است که انرژی فراصوت برای شکستن پیوندهای هیدروژنی شبکه مولکولهای حلال صرف می‌شود. تصور می‌رود که نقطه ماکسیمم، ناحیه‌ای از ساختار ماکسیمم را برای این سیستم مایع دوتایی نشان می‌دهد. پیشرفت ساختاری که با افزایش آب خالص به اتانول حاصل می‌شود نتیجه جابه‌جایی بعضی از پیوندهای هیدروژنی آب-آب با پیوند هیدروژنی قوی بین آب و گروه هیدروکسیل الکل است که در این صورت به طرف ساختار حلالی کامل و مشخصتر پیش می‌رود. با افزایش غلظت اتانول تا آن سوی نقطه‌ای که مربوط به ساختار ماکسیمم است آب نمی‌تواند مولکولهای الکل بیشتری را بپذیرد و در این صورت تخریب شبکه پیوند هیدروژنی آغاز می‌گردد.

کاربرد دیگر امواج صوتی پربسامد در مطالعه صورتبندیهای موادی نظیر سیکلو هگزانهاست. عبور امواج پربسامد صوتی از مایع



شکل ۳. اثر پیزوالکتریک - بلور کوآرتز

آن بروجه مقابل وارد آید، کل قطعه بلور بسته به قطبیت بارهای وارد شده منبسط یا منقبض خواهد شد. از این رو، با وارد آوردن بارهای الکتریکی مخالف که به سرعت عوض می‌شوند می‌توان ابعاد ماده را تحت نوسان قرار داد. از این اثر می‌توان برای انتقال تپهای (pulses) فراصوت از قطعه بلور به محیط مادی‌ای که در داخل آن قرار گرفته است استفاده کرد.

ما با این دو خاصیت هم می‌توانیم امواج فراصوت را تولید کنیم و هم آنها را آشکار سازیم. معمولاً ماده پیزوالکتریک را بین دو قطعه فلزی که هم ماده بلوری ظریف را حفاظت می‌کنند و هم با اندازه‌های دقیق خود ماهیت ارتعاشات فراصوتی تولید شده را بهبود می‌بخشند، قرار می‌دهند.

استفاده از انواع گوناگون مواد پیزوالکتریک، ساختن مولدهای فراصوتی باتوانها و بسامدهای متفاوت را برای گستره‌ای از کاربردها ممکن می‌سازد.

امواج فرا صوت پربسامد

اولین استفاده صنعتی از امواج فراصوت بردیابی بود. در آوریل ۱۹۱۲ کشتی غول پیکر تیتانیک پس از برخورد با کوه یخ شناور در اقیانوس اطلس در زیر آب فرورفت و برای یافتن روش جلوگیری از تکرار چنین حادثه ناگواری رقابتی شروع شد. ال. آر. ریچاردسون^۱ از ایالات متحده روشی برای تعیین محل کوه یخ پیشنهاد نمود که بر مبنای برد پژواک (echo) بود و بعداً پس از انجام اصلاحاتی تبدیل به دستگاه صوتی تعیین عمق تپ فراصوت را از تیرک تحتانی قایق به ته دریای فرستد و بازتاب آن به آشکار سازی که روی همان تیرک نصب شده می‌رسد. مسافت بین قایق و ته دریا از روی زمان بین رفت و برگشت موج تعیین می‌شود (زیرا این مسافت مساوی است با نصف حاصل ضرب زمان در سرعت صوت در آب و سرعت صوت در آب معلوم است). اگر جسم خارجی (مثلاً یک زیردریایی) در فاصله قایق و ته دریا قرار گیرد، پژواک مربوط به آن مقدم بر پژواک مربوط به ته دریا به آشکار ساز خواهد رسید.

این سیستم در جریان جنگ برای «کمیته تحقیق تشخیص

* مخفف Allied Submarine Detection Investigation Committee

** مخفف Sound Navigation And Ranging

*** مخفف Radio Detection And Ranging

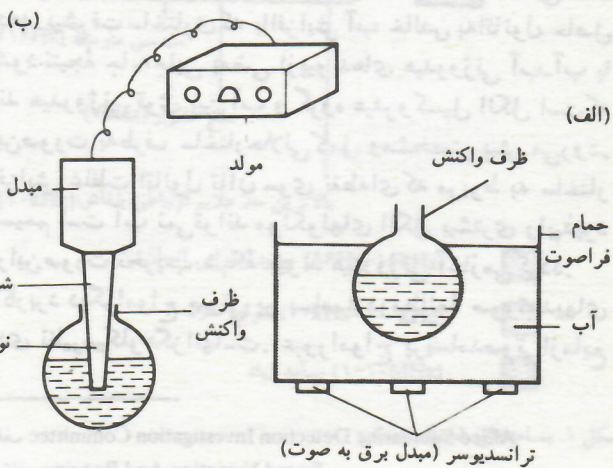
1. L. R. Richardson

سبب افزایش برخورد مولکولها می شود. در این برخوردها ممکن است مولکولها صورتبندی نامناسبتر (انرژی بالاتر) پیدا کنند. از روی انرژی امواج فراصوتی که برای ایجاد این گذارها جذب می شود، می توان اختلاف بین پایداری همصورتیهای مختلف را محاسبه نمود. به عنوان مثال، اگر امواج فراصوت را از سپس-۱، ۳- دی متیل سیکلو هگزان، عبور دهیم می توان انتظار داشت که وقتی ایزومر سپس دواستوایی پایدارتر به همصورت دو محوری خود که انرژی بالاتری دارد تبدیل می شود جذب امواج فراصوت صورت گیرد (شهای ۱).

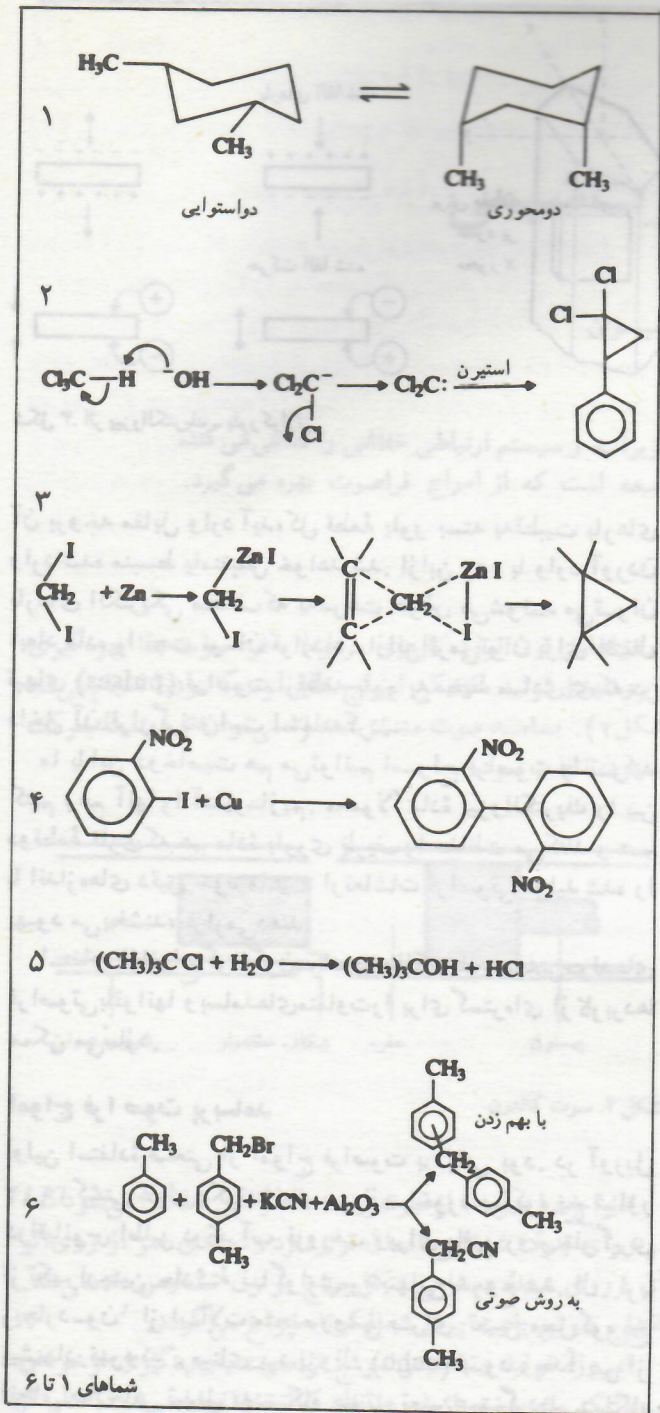
امواج فراصوت کم بسامد

امواج فراصوت کم بسامد (امواج قدرت) (۲۰-۵۰ kHz) برای تأثیر در واکنش پذیری شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند. همراه با این گونه امواج فراصوت باید پدیده متناوبی را در نظر گرفت و آن ایجاد حفره های کوچک است. وقتی موج فراصوت از مایعی عبور می کند، در نتیجه فشرده شدن و رقیق شدن متناوب مایع به همراه موج صوتی، فشارهای با افت و خیز سریع در آن شکل می گیرد. در ضمن رقیق شدن، اگر فشار منفی برای غلبه بر نیروهای بین مولکولی مایع کافی باشد، مایع یکپارچگی خود را از دست داده و حبابهای کوچکی در داخل آن ایجاد می شود. با فشرده شدن بعدی مایع، این حبابها تقریباً به طور آنسی از بین می روند و در اطراف خود انرژی زیادی آزاد می کنند. تخمین زده می شود که در نتیجه از بین رفتن حبابهای کوچک در حدود چند هزار درجه کلوین دما و چند صد اتمسفر فشار به وجود آید.

تساییدن امواج فراصوت به محیط واکنش یا از طریق حمام فراصوت از نوعی که عموماً برای تمیز کردن به کار می رود یا به وسیله میله صوتی ایجاد می شود (شکل ۴). روش دوم که در آن انرژی امواج مستقیماً از طریق نوک میل به داخل واکنش منتقل می شود مؤثرتر است. در روش حمام توان تولید شده در ترانسدوسرها (مبدل های برق به صوت) که به کف حمام متصل اند، قبل از اینکه به واکنش شیمیایی برسد، هم از طریق آبی که حمام را پر کرده است و هم از طریق جداره ظرف واکنش تلف می شود. شیپورهای صوتی با بسامد ۲۰ kHz که برای شکستن سلولهای حیاتی به کار می روند



شکل ۴. (الف) حمام فراصوت؛ (ب) میله فراصوت



در بازار موجود است. نحوه عمل آنها شبیه پیستونی با حرکت سریع است که در دو طرف وضعیت تعادلی خود به اندازه ۰ تا ۶ میکرون جا به جا می شود. با تنظیم این فاصله می توان توان درون داد از چنین شیپور به یک واکنش شیمیایی را تغییر داد. اثر امواج فراصوت بر فرایندهای شیمیایی به چهار اثر فیزیکی که در محیط واکنش ایجاد حفره می کنند بستگی دارد:

□ اثر تمیزکنندگی سطوح هر نوع فلز و کاتالیزور مصرفی. در اینجا دو کار مورد نظر است و آن تمیز کردن سطح قبل از شروع واکنش و در طول فرایند است. با این کار اجزایی که وارد واکنش شده اند از سطح رفته می شوند و سطح تازه در معرض واکنش قرار می گیرد.

□ به صورت امولسیون در آردن مایعات مخلوط نشدنی. در نتیجه این عمل سطوح تماس داخلی مایع برای انجام واکنش افزایش می یابد.

□ پراکندگی ذرات جامد. در واکنش بین مایع و جامد، ذرات جامد به سرعت در داخل محیط واکنش پراکنده شده و به ذرات کوچکتری تبدیل می شوند.

□ شکستن پیوندهای شیمیایی. این عمل با برانگیختن مستقیم و یا از طریق افزایش برخوردهای مولکولی انجام می شود.

سنتز

موارد فوق در شیمی سنتز مخصوصاً در فرایندهای ناهمگن موارد استفاده زیادی پیدا کرده است.

استفاده از امواج فراصوت در تولید امولسیونهای بسیار ظریف و ریز به عنوان جانشینی برای کاتالیزورهای انتقال فاز* (PTC) انتخاب شده است. PTC ترکیبی است که انتقال یک واکنشگر محلول در آب به یک فاز آلی را که به راحتی با یک سوپسترای آلی ترکیب می گردد، مقدور می سازد. به عنوان نمونه ای از یک کاتالیزور انتقال فاز می توانیم نمک آمونیوم $(C_8H_{17})_4N^+CH_2Cl^-$ را در نظر بگیریم. این نمک به علت وجود زنجیر طولی هیدروکربن به راحتی در محیط غیر قطبی (آلی) محلول است.

نمونه استفاده از این کاتالیزور در سنتز سیکلو پروپان است. هرگاه این نوع PTC را در $CHCl_3$ حل کرده و محلول را با $NaOH$ رقیق تکان دهیم، تعدادی از یونهای OH^- به وسیله PTC که Cl^- خود را مبادله و به آب منتقل می کند، به داخل فاز آلی کشیده می شود. یون هیدروکسید در تری کلرومتان (کلروفرم) باز قوی است و می تواند یک پروتون از حلال جدا نموده و $C_3Cl_7^-$ ایجاد کند که به نوبه خود به ماده واسطه الکترونخواه فعال CCl_4 (دی کلرو کاربن) تجزیه می گردد.

هرگاه یک آلکن، مثلاً فنیل اتن (استیرن) در فاز آلی حضور داشته باشد، با پیوستن کاربن به آن دی کلرو سیکلو پروپان به عنوان محصول واکنش به دست می آید (شمای ۲). استفاده از کاتالیزور انتقال فاز دو اشکال دارد: (الف) بهای آن زیاد است و (ب) با توجه به ماهیت کاتالیزوری خود نفوذ، مواد شیمیایی در بافتهای بدن را هموار می کند و بالقوه خطرناک است. اگر از PTC نیز استفاده نشود، واکنشهای ناهمگن به سطوح مشترک تماس محدود شده و در نتیجه، سرعت واکنشها کاهش می یابد.

استفاده از امواج فراصوت این نوید را می دهد که استفاده از کاتالیزور انتقال فاز در واکنشهایی که ذکر شد کنار گذاشته شود. روش صوت شیمیایی تولید دی کلرو کاربن، هم ساده تر است و هم بازده بیشتری دارد. در این روش امواج فراصوت از مخلوط جامد (گرد) $NaOH$ در کلروفرم حاوی آلکن عبور داده می شود و مقادیر زیادی دی کلرو سیکلو پروپان به دست می آید، با روش صوتی در $40^\circ C$ و مدت یک ساعت ۹۶ درصد استیرن، سیکلو پروپان دار می شود. در صورتی که با بهم زدن ساده و بدون استفاده از امواج فراصوت در مدت ۱۶ ساعت فقط ۳۰ درصد محصول به دست می آید،

که با هم قابل مقایسه نیستند.

سیکلو پروپانها را می توان به روش سیمونز-اسمیت^۱ نیز سنتز نمود. در این روش از واکنش CH_2I_2 با آلکن در مجاورت روی/مس و ادا مة واکنش بایک ترکیب واسطه آلی روی دار استفاده می شود (شمای ۳). واکنش سیمونز-اسمیت به عنوان یک روش تولید با اشکالاتی روبرو است که از آن جمله می توان آزاد شدن ناگهانی حرارت پس از فعال شدن گروها در شروع واکنش و احتیاج به فعال سازی شیمیایی فلز روی را که باید به صورت گرد مصرف شود، نام برد.

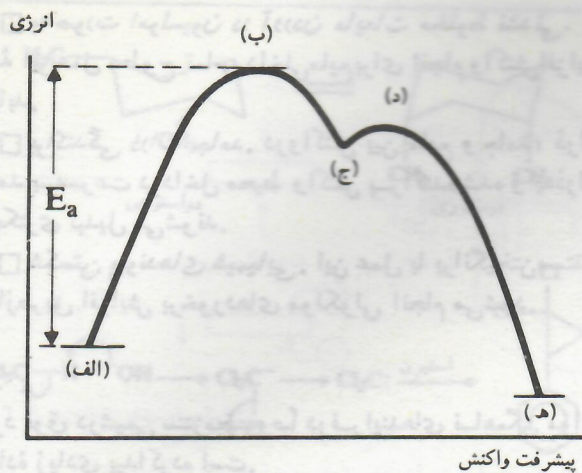
در سال ۱۹۸۲ تغییر در این روش ایجاد شد که در آن استفاده از روی فعال شده به روش صوت شیمیایی مانع از آزاد شدن ناگهانی حرارت می گردید. به این ترتیب متیل اولئات با بهره ۹۱ درصد سیکلو پروپان دار می شد که بر ۵۱ درصد بازده در روش معمول برتری داشت. در روش صوت شیمیایی احتیاجی به فعال سازی خاص فلز روی وجود نداشت و در واقع فلز به صورت ورقه، میله یا به هر شکل دیگر مصرف می شد، نتایج خوب قابل اطمینان و یکسانی به دست می آمد. این روش بعداً در مقیاس ۲۲ دسی متر مکعب در حمام صوتی ۲۰۰ دسی متر مکعبی مورد استفاده قرار گرفت. در این مقیاس فلز روی به صورت قطعات ریخته شده ۸۰۰ گرمی (با استفاده از قالبهای مخروطی ۱۲۵ سانتی متر مکعبی)، متیل اولئات به میزان ۶۰۰ کیلوگرم و دی یدومتان ۱۳۳ دسی متر مکعب در ۲۷۷ دسی متر مکعب دی متوکسی اتان به عنوان حلال مورد استفاده قرار گرفت. در زیر نیتروژن و دمای $100^\circ C$ بعد از ۲۲۵ ساعت ۵۰۰ کیلوگرم محصول پروپان دار شده (بازده ۸۲ درصد) به دست آمد. این روش، در نتیجه استفاده از فلز روی به جای گرد بروش معمولی سیمونز-اسمیت برتریهایی دارد:

□ در ایجاد کف که عموماً با این واکنش همراه است، کاهش دیده می شود.

□ با توجه به اینکه در هر مرحله از واکنش سطح کوچکی از فلز در واکنش شرکت می کند، حرارت ایجاد شده به تدریج آزاد می گردد. □ واکنش را می توان با خارج کردن قطعات فلز متوقف و کنترل نمود (که بی شباهت به میله های سوخت در واکنشگاه هسته ای نیست).

□ فلز باقیمانده را می توان یکجا از واکنش خارج نمود. در روش اولمان^۲ برای جفت کردن آریل هالیدها و تهیه بی آریلها که در شیمی ترکیبات آروماتیک به طور وسیعی مورد استفاده است معمولاً از حرارت دادن هالید (همراه یا بدون حلال) در مجاورت گرد مس استفاده می شود. از شرایط لازم برای انجام دادن روش اولمان دمای زیاد، مدت زمان زیاد و مقادیر اضافی مس است. با عبور امواج فراصوت (که مستقیماً از طریق میله و با بسامد ۲۰ kHz وارد واکنش می شود) مدت زمان واکنش و مقدار مس مصرفی کاهش می یابد و ۲، ۲- دی نیترو بی فنیل با بهره ۷۵ درصد در ۲ ساعت و $60^\circ C$ و ۴ برابر مس اضافی به دست می آید که در مقایسه با بهره ۱۵ درصد در شرایط مساوی و بدون امواج فراصوت، ۵۰ بار افزایش نشان می دهد (شمای ۴).

1. Simmons-Smith 2. Ulmann



شکل ۶. نمودار انرژی برای حلالکافت ۲-کلرو-۲-متیل پروپان: (الف) ماده اولیه $(CH_3)_3C-Cl$; (ب) حالت انتقالی برای یونش؛ (ج) کربوکاتیون واسطه $(CH_3)_3C^+$; (د) حالت انتقالی تشکیل محصول؛ (ه) محصول $(CH_3)_3C-OH$.

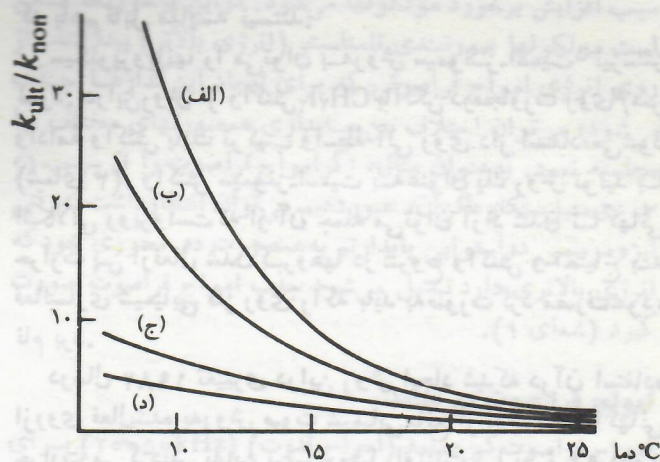
هدف واقعی صوت شیمی استفاده از امواج فراصوت برای راه-اندازی واکنش در مسیر مربوطه است. یکی از نخستین مقالاتی که در این مورد به چاپ رسیده به واکنش بین ۴-متیل بنزیل برمید و تولوئن در مجاورت پتاسیم سیانید و آلومین مربوط می شود (شمای ۶). در شرایط عادی با گذشتن ۲۴ ساعت از شروع واکنش، محصول افزایشی فریدل-کرافت^۱ با بهره ۷۵ درصد به دست می آید، در حالی که در روش صوتی در این مدت محصول اصلی ۴-متیل، بنزیل سیانید با بهره ۷۷ درصد تولید می شود. موضوع فوق را احتمالاً می توان به این ترتیب توجیه نمود که امواج فراصوت به ایجاد تماس بین KCN و آلومین کمک می کند، در نتیجه باعث کاهش فعالیت واکنش فریدل-کرافت و افزایش واکنش استخلافی هسته دوست CN^- می گردد.

نتیجه

اگر این مقاله، شما را به صوت شیمی علاقه مند کرده است به نکات زیر توجه کنید.

- هزینه دستگاه فراصوت زیاد نیست - یک حمام فراصوت فقط چند صد پوند قیمت دارد. در صورتی که مایل به تهیه سیستم میله باشید، هزینه ای در حدود سه تا چهار هزار پوند در بر خواهد داشت.
- امواج فراصوت را برای شکستن سلولهای حیاتی نیز به کار می برند، پس لازم است برای استفاده صحیح از دستگاههای فراصوت نکات زیر را رعایت کنید: (الف) هرگز انگشتان خود را در داخل حمام ویاسیستم واکنش که به وسیله امواج تحریک شده است قرار ندهید. (ب) سروصدای قابل ملاحظه ای از مولدهای فراصوت به وسیله هوا منتقل می شود که ناشی از پدیده رزونانس در داخل دستگاه است در حالی که خود امواج فراصوت شنیده نمی شوند. برای جلوگیری از آسبایی که توسط صداهای مختلف به گوش وارد می شود، بهتر است در استفاده های طولانی از حفاظ مناسب گوش

1. Friedel-Craft adduct



شکل ۵. اثر صوتی کردن (با بسامد ۲۰ kHz) بر حلالکافت ۲-کلرو-۲-متیل پروپان: (الف) اتانول ۶۰ درصد؛ (ب) اتانول ۵۰ درصد؛ (ج) اتانول ۴۰ درصد؛ (د) اتانول ۳۰ درصد.

همچنین مشخص شده است که امواج فراصوت پرواکنشهای همگن نظیر آبکافت ۲-کلرو-۲-متیل پروپان در محلول رقیق الکلی نیز مؤثر است (شمای ۵). این سیستم موضوع مطالعات متعدد سینتیکی بوده است، زیرا یکی از نمونه های متداول واکنشهای استخلافی هسته دوست یک مولکولی (S_N1) است.

حلالکافت همگن این سوستر را در حلالهای آبی الکلی از طریق تغییر در ضریب رسانایی محلول با تشکیل HCl مطالعه می شود. اثر کلی صوتی کردن (با بسامد ۲۰ kHz) در شکل ۵ مشخص شده است. در شکل، نسبت بین ثابتهای مرتبه اول سرعت با استفاده از امواج فراصوت (k_{ult}) و بدون آن (k_{non})، برای غلظتهای مختلف اتانول در دماهای مختلف نشان داده شده است. این کار دو نتیجه دارد: (الف) با افزایش مقدار اتانول اثر امواج فراصوت افزایش می یابد و (ب) کاهش دما اثر امواج افزایش پیدا می کند. شاید ساده ترین راه برای درک تأثیر صوتی کردن واکنش حلالکافت بررسی نمودار انرژی باشد (شکل ۶).

در مرحله کند تعیین کننده سرعت واکنش، سد انرژی (E_a) برابر است با تفاوت بین انرژیهای حالت پایه سوستر در محلول و اولین حالت انتقالی که منجر به تفکیک مواد اولیه به یونها یا جفتهای یونی می شود. هر تحولی که این سد انرژی را کاهش دهد موجب تسریع واکنش می گردد. امواج پراانرژی فراصوت با شکستن پیوندهای هیدروژنی و تغییر در ساختار یکپارچه حلال، آرایش مجدد حلال در اطراف یونها حالت انتقالی را تسهیل نموده و در نتیجه سد انرژی را کاهش می دهد. امواج فراصوت چه به وسیله شکستن پیوندهای ضعیف وان دروالس بین حلال و حالت پایه مختصر قطبی (که شباهت کمی به حالت انتقالی تقریباً یونی دارد) و چه از طریق شکستن پیوند بین مولکولهای حلال که منجر به افزایش تحریک مولکولی و تحریک مستقیم با بسامدهای زیادتر می شود، انرژی حالت پایه را نیز افزایش می دهد. افزایش انرژی حالت پایه و کاهش انرژی حالت انتقالی، مجموعاً موجب کاهش در E_a و افزایش در سرعت واکنش می گردد.

برای مطالعه بیشتر به مراجع زیر مراجعه کنید.

1. I. El'Piner, *Ultrasound: physical, chemical and biological effects*. New York: Consultants Bureau, 1964.
2. M. J. Blandamer, *Introduction to chemical ultrasonics*. New York: Academic Press 1964.
3. T. J. Mason, *Lab. Pract.*, 1984, 33, 13.
4. D. Bremner, *Chem. Br.*, 1986, 22, 633.
5. T. J. Mason, *Ultrasonics*, 1986, 245.

- **Sonochemistry-an introduction**
Timothy J. Mason
Education in Chemistry. July 1987

استفاده کنید و استفاده از این روشها را به بعضی از آزمایشگاهها محدود نمایید.

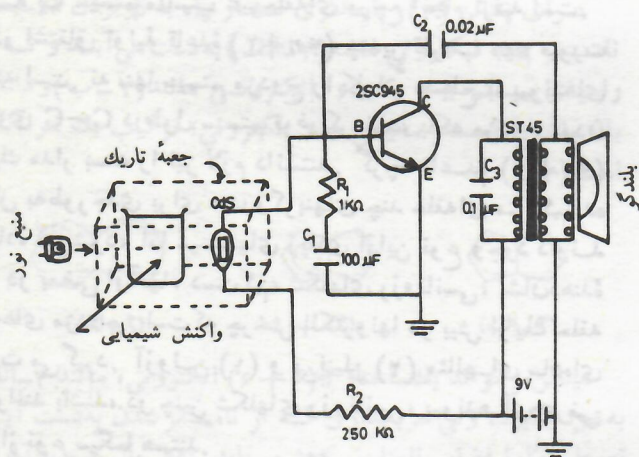
نقل قول زیر از مجله تایمز (۱۴ آوریل ۱۹۸۶) می تواند به خوبی علاقه روز افزون به صوت شیمی را نشان دهد:

«یک انقلاب صنعتی جدید در جریان است که در آینده نزدیک تولید صنعتی مواد پلاستیک، پالک کننده، دارویی و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی را دگرگون می کند.

چون این فرایندها احتیاجی به دما و فشار زیاد که در روشهای عادی مورد استفاده است ندارند از ایمنی بیشتری برخوردارند و نیز چون برای فعالسازی واکنش از انرژی حرارتی استفاده نمی شود، به سوخت کمتری نیاز داشته و از سایر روشها ارزانترند.

روش ایجاد انرژی دردمای معمولی بستگی به کشفیاتی خواهد داشت که در شاخه جدید علوم به نام صوت شیمی انجام می گیرد.»
ترجمه علی لطفیانی

آزیر الکترونیکی ساده برای کاربردهای آزمایشگاهی



دانشجویان به جنبه های کاربردی مطالب و مباحثی که در درس الکترونیک فرامی گیرند و به بهره گیری از آنها در آزمایشگاه شیمی، علاقه نشان می دهند. یک دستگاه آزیر الکترونیکی به گونه ای طراحی و ساخته شده است که می توان از آن در عملیات شیمیایی مانند واکنشهای شیمیایی که در نقطه هم ارزی تغییر رنگ کاملاً مشخصی می دهند، بهره گیری کرد. در خلال دوره واکنش می توان به کارهای دیگری در نزدیکی دستگاه آزیر مشغول بود. این دستگاه، نقطه هم ارزی را با هشدار صوتی به ما اعلام می کند. شکل مقابل مدار ساده این دستگاه را نشان می دهد. بهای تمامی عناصر و اجزای سازنده آن کمتر از ۲ دلار است. اصول کار این مدار بدین ترتیب است که در هنگام

روشن نبودن سلول فوتورسانای CdS، مقاومت آن بسیار بالا (تا چند MΩ)، شدت جریان پایه آن فوق العاده پایین و ترانزیستور 2SC945 آن در حالت قطع است، ولی، زمانی که نور به سطح سلول فوتورسانا می تابد و آنرا روشن می کند، مقاومت آن پایین می آید و فقط به چند KΩ می رسد؛ بدین ترتیب شدت جریان پایه آن برای قراردادن ترانزیستور در حالت رسانا کفایت می کند و بنابراین، جریان مزبور از طریق بلندگو وارد جمع کننده می شود و فوراً صوت ایجاد می گردد. مع هذا، این جریان مستقیم، صوت پیوسته ای در بلندگو ایجاد نمی کند، بنابراین، در این دستگاه، یک مدار نوسانگر نیز مورد نیاز است. خازنها و ترانسفورماتورهای ST-45 برای ایجاد نوسان به کار گرفته می شوند و خازن C₁ پیام نوسان را به پایه ترانزیستور «یعنی، پسخور مثبت» می رساند. بدین ترتیب، کیفیت صوت، با تغییر ظرفیت خازن پیرایش می شود. همچنین هنگامی که بلندگو قطع است و برون داد دستگاه از طریق میانجی IC 74 LS 14 به ۱ پین، ۲ پین و ۸ پین متصل کننده ورودی - خروجی میکرو کامپیوتر Apple II وصل شود، اطلاعاتی از قبیل مدت لازم برای نقطه هم ارزی را می توان ثبت کرد و ثابتهای شیمی فیزیکی مربوطه را محاسبه نمود. این دستگاه، کاربردهای غیر شیمیایی نیز دارد. آن را می توان به عنوان آزیر دزدگیر در قفسه و کشوها به کار گرفت. حتی از آن می توان به عنوان زنگ ساعتی شماطه دار خانگی استفاده کرد.

ترجمه م. ب. پورسید