

صلى الله عليه وسلم

خدایا،

به من توفیق تلاش در شکست، صبر در نومی‌دی، رفتن بی همراه، جهاد بی سلاح، کار بی پاداش، فداکاری در
سکوت، دین بی دنیا، مذهب بی عوام، عظمت بی نام، خدمت بی نان، ایمان بی ریا، خوبی بی نمود،
گستاخی بی حامی، مناعت بی غرور، عشق بی هوس، تنهایی در انبوه جمعیت، دوست داشتن بی آنکه
دوست بدارند، روزی کن.

دکتر علی شریعتی



دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده علوم

گروه شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

(گرایش شیمی فیزیک)

بررسی سینتیک حذف یون نیترات از محیط آبی در حضور و غیاب امواج فراصوت

استاد راهنما :

دکتر محمد حسن انتظاری

استاد مشاور :

دکتر محمود چمساز

نگارش:

مهدی کریمی

شهریور ۱۳۸۸

سپاس خداوند بزرگ و بلند مرتبه را به خاطر لحظه لحظه زندگیم که حضورش را در تمام آن حس کرده‌ام.

کارناپذیرم را که همچون قطره است،

به دریای مهر و محبت پدر و مادرم تقدیم می‌کنم.

تشکر و قدردانی

از استاد بزرگواریم جناب آقای دکتر انتظاری که در طول این مدت از هیچ کمک و راهنمایی دریغ نکردند و من را با صبر و حوصله تحمل کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. از سرکار خانم دکتر گوهرشادی که در طول این دوره از محضرشان استفاده کرده ام، نهایت قدردانی را دارم. همچنین بر خود لازم می دانم از جناب آقای دکتر سبحان منش و جناب آقای دکتر رئیسی، اساتیدم در دوره قبل که نه تنها در درس که در اخلاق هم معلم من بودند، تشکر و قدردانی کنم. از همکارم سرکار خانم غوث برای تمامی کمک ها، توجهات و راهنمایی های ارزشمندشان نیز تشکر می کنم.

مهدی کریمی

شهریور ۸۸

چکیده

در این پروژه برای حذف و یا کاهش غلظت آنیون نیترات به عنوان یک آلاینده بسیار مضر سیستم جذبی و سیستم کاهش یون نیترات توسط ذرات آهن استفاده شده است. پارامترهای مختلفی از قبیل دما، مقدار جاذب یا مقدار آهن، غلظت نیترات و زمان تماس در حضور و غیاب امواج فراصوت مورد بررسی قرار گرفت.

در سیستم جذبی از جاذب‌های متنوعی چه به صورت مستقیم و چه به صورت اصلاح شده برای حذف یون نیترات استفاده شد. جاذب گیاهی مناسب از میان جاذب‌های بکار رفته، انتخاب گردید و آزمایش‌های مختلف برای حذف و یا کاهش یون نیترات روی آن انجام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهند که جذب نیترات در حضور امواج فراصوت در دمای پایین بهتر از غیاب امواج فراصوت بوده ولی در دماهای بالا روش کلاسیک از روش امواج موثرتر می‌باشد. در مورد مطالعه واجذبی میزان نیترات واجذب شده در همه‌ی دماهای بکار رفته در حضور امواج فراصوت بیشتر از غیاب آن بود. یون نیترات در شرایط بکار رفته توسط جاذب در مدت زمان کمی بطور کامل حذف شد و جاذب پس از پنج بار استفاده کاهش محسوسی را در ظرفیت جذب و واجذبی از خود نشان نداد. ایزوترم‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفتند و مدل لانگمویر در هر دو فرایند جذب و واجذبی هم‌خوانی خوبی با داده‌های تجربی داشت. از نظر سینتیکی هر دو فرایند جذب و واجذبی از سینتیک شبه مرتبه دوم پیروی می‌کردند.

نتایج آزمایش با ذرات آهن بوجود آمده در محیط نشان می‌دهد که یون نیترات در pH های کمتر از ۸ از محیط عمل حذف می‌شود. میزان حذف یون نیترات در حضور امواج فراصوت نسبت به غیاب آن در شرایط بکار رفته بیشتر می‌باشد و با افزایش دما این میزان افزایش می‌یابد. بررسی سینتیکی حذف یون نیترات توسط ذرات آهن نشان داد که از سینتیک شبه مرتبه دوم پیروی می‌کند.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

X فهرست جداول

XI فهرست شکل ها

فصل اول: امواج فراصوت و کاربردهای آن

- ۱-۱ تاریخچه ۲
- ۲-۱ تاثیر صوت ۳
- ۳-۱ سونوشیمی ۵
- ۴-۱ حفره زایی، منشا اثرهای سونوشیمی ۶
- ۴-۱-۱ اتفاق های فیزیکی حباب ها در میدان فراصوت ۸
- ۵-۱ نظریه نقطه داغ ۱۰
- ۶-۱ پارامترهای موثر بر سونوشیمی ۱۲
- ۶-۱-۱ فرکانس ۱۲
- ۶-۱-۲ شدت ۱۳
- ۶-۱-۳ پالس ۱۳
- ۶-۱-۴ افت صوت ۱۴
- ۶-۱-۵ گران روی حلال ۱۴
- ۶-۱-۶ کشش سطحی حلال ۱۴
- ۶-۱-۷ فشار بخار حلال ۱۴
- ۶-۱-۸ گاز داخل حباب ۱۵
- ۶-۱-۹ فشار خارجی (اعمال شده) ۱۶
- ۶-۱-۱۰ دما ۱۶
- ۷-۱ کاربرد امواج فراصوت ۱۶
- ۷-۱-۱ شیمی فشار بالا (پیزوشیمی) ۱۷
- ۷-۱-۲ الکتروشیمی ۱۸

۱۹.....	۳-۷-۱ کاتالیزور
۱۹.....	۴-۷-۱ ساخت نانو ذرات مختلف و ساختار گزینی با فراصوت
۲۳.....	۵-۷-۱ پلیمریزاسیون
۲۶.....	۶-۷-۱ شیمی سبز
۲۶.....	۱-۶-۷-۱ کنترل آلودگی هوا
۲۸.....	۲-۶-۷-۱ فراصوت قرار گرفته در هوا برای تخریب کفها
۲۹.....	۳-۶-۷-۱ حذف آلودگی ها از آب
۳۰.....	۱-۳-۶-۷-۱ آلودگی های غیربیولوژیکی (شیمیایی)
۳۱.....	۲-۳-۶-۷-۱ آلودگی های بیولوژیکی

فصل دوم: مروری بر پدیده های جذب و تعویض یون

۳۴.....	۱-۲ جذب
۳۴.....	۱-۱-۲ تاریخچه
۳۴.....	۲-۱-۲ کاربردهای محیطی
۳۸.....	۳-۱-۲ جذب ها
۴۲.....	۱-۳-۱-۲ انتخاب یک جذب
۴۳.....	۴-۱-۲ اصول تعادل جذب سطحی
۴۴.....	۱-۴-۱-۲ جذب فیزیکی
۴۴.....	۲-۴-۱-۲ جذب شیمیایی
۴۵.....	۳-۴-۱-۲ جذب الکتروستاتیکی
۴۵.....	۴-۴-۱-۲ نیروها و انرژی های جذب سطحی
۴۶.....	۵-۴-۱-۲ ایزوترم های جذب سطحی
۵۰.....	۱-۵-۴-۱-۲ ایزوترم جذب لانگمویر
۵۲.....	۲-۵-۴-۱-۲ ایزوترم فرنلینج
۵۳.....	۳-۵-۴-۱-۲ ایزوترم تمکین
۵۴.....	۴-۵-۴-۱-۲ ایزوترم ریدلینج- پترسون
۵۵.....	۲-۲ تعویض یون
۵۵.....	۱-۲-۲ تاریخچه

۵۶.....	۲-۲-۲ مفهوم کلی تعویض یون
۵۷.....	۳-۲-۲ کاربردهای محیطی
۵۹.....	۴-۲-۲ جذب سطحی و تعویض یون

فصل سوم: نیترات، آلاینده آب

۶۱.....	۱-۳ مقدمه
۶۳.....	۲-۳ آلودگی آب و آلاینده ها
۶۴.....	۲-۲-۳ آلودگی بیولوژیکی
۶۴.....	۳-۲-۳ آلودگی توسط ترکیب های شیمیایی آلی پایدار (POPs)
۶۵.....	۴-۲-۳ انباشتگی خوراکه آب توسط نیترات ها و فسفات ها
۶۵.....	۵-۲-۳ آلودگی توسط ترکیبات معدنی
۶۶.....	۳-۳ آلودگی آب توسط آنیون نیترات
۶۷.....	۱-۳-۳ منابع نیترات در آب های آشامیدنی
۶۹.....	۲-۳-۳ اثرهای زیان بار بر سلامتی
۷۱.....	۳-۳-۳ روش های حذف نیترات
۷۲.....	۱-۳-۳-۳ تقطیر
۷۲.....	۲-۳-۳-۳ رقیق سازی
۷۳.....	۳-۳-۳-۳ اسمز معکوس
۷۴.....	۴-۳-۳-۳ کاهش شیمیایی
۷۶.....	۵-۳-۳-۳ الکترودیالیز
۷۶.....	۶-۳-۳-۳ تبادل یون
۷۸.....	۶-۳-۳-۳ جذب سطحی

فصل چهارم: جذب و واجذبی یون نیترات توسط جاذب

۸۲.....	۱-۴ مقدمه
۸۲.....	۲-۴ آزمایش های مقدماتی
۸۶.....	۳-۴ کارهای تجربی
۸۶.....	۱-۳-۴ جذب
۸۶.....	۱-۱-۳-۴ تهیه جاذب

۸۷.....	۲-۱-۳-۴ روش انجام آزمایش
۸۷.....	۳-۱-۳-۴ دستگاه ها
۸۸.....	۴-۱-۳-۴ اثر شدت امواج فراصوت
۸۹.....	۵-۱-۳-۴ اثر میزان جاذب
۹۰.....	۶-۱-۳-۴ اثر زمان تماس
۹۰.....	۷-۱-۳-۴ اثر دما
۹۱.....	۸-۱-۳-۴ اثر غلظت اولیه
۹۲.....	۹-۱-۳-۴ بحث و نتیجه گیری
۹۲.....	۱-۹-۱-۳-۴ بررسی ایزوترم های جاذب
۹۸.....	۲-۹-۱-۳-۴ تعیین پارامترهای ترمودینامیکی
۹۹.....	۳-۹-۱-۳-۴ مکانیزم جاذب
۱۰۰.....	۴-۹-۱-۳-۴ بررسی سینتیک جاذب
۱۰۳.....	۲-۳-۴ واجذبی
۱۰۳.....	۱-۲-۳-۴ روش انجام آزمایش
۱۰۳.....	۲-۲-۳-۴ اثر غلظت سود و زمان
۱۰۴.....	۳-۲-۳-۴ اثر شدت امواج فراصوت
۱۰۴.....	۴-۲-۳-۴ اثر دما
۱۰۵.....	۵-۲-۳-۴ اثر غلظت محلول نیترات
۱۰۶.....	۶-۲-۳-۴ تکرارپذیری جاذب
۱۰۸.....	۷-۲-۳-۴ بحث و نتیجه گیری
۱۰۸.....	۱-۷-۲-۳-۴ بررسی سینتیک واجذبی
۱۱۰.....	۲-۷-۲-۳-۴ بررسی ایزوترم های واجذبی
۱۱۲.....	۳-۷-۲-۳-۴ تعیین پارامترهای ترمودینامیکی

فصل پنجم: حذف یون نیترات از محیط آبی به کمک ذرات آهن

۱۱۴.....	۱-۵ مقدمه
۱۱۵.....	۲-۵ کارهای تجربی
۱۱۶.....	۱-۲-۵ روش انجام آزمایش

۱۱۶.....	۲-۲-۵ اثر pH
۱۱۷.....	۳-۲-۵ اثر مدت زمان تهیه ذرات آهن
۱۱۸.....	۴-۲-۵ اثر مقدار آهن تهیه شده در محیط
۱۱۹.....	۵-۲-۵ اثر زمان تماس
۱۲۰.....	۶-۲-۵ اثر دما
۱۲۱.....	۷-۲-۵ اثر غلظت یون نیترات
۱۲۲.....	۳-۵ بحث و نتیجه گیری
۱۲۲.....	۱-۳-۵ بررسی سینتیک
۱۲۵.....	۲-۳-۵ بررسی تاثیر دما

فصل ششم: نتیجه گیری کلی

۱۲۸.....	۱-۶ نتیجه گیری کلی
۱۲۹.....	۲-۶ پیشنهادات
۱۳۰.....	منابع

فهرست جداول

جدول	صفحه
جدول ۱-۲:	متداوالترین جاذب های استفاده شده ۳۵
جدول ۲-۲:	جداسازی از طریق جذب سطحی فاز مایع ۳۶
جدول ۳-۲:	جداسازی های جذب سطحی فاز گاز ۳۷
جدول ۱-۳:	خواص فیزیکی مهم آب و کاربردهای عملی آنها ۶۲
جدول ۲-۳:	مواد بی جان و جاننداری که به طور طبیعی در آب ها یافت می شوند و منشاء آنها ۶۳
جدول ۱-۴:	تاثیر غلظت اولیه روی درصد حذف نیترات در دو دمای ۱۰ و ۳۵ درجه سانتیگراد و زمان ۵ دقیقه ۹۲
جدول ۲-۴:	ثابت های لانگمویر برای جذب نیترات در حضور و غیاب امواج فراصوت ۹۴
جدول ۳-۴:	ثابت های فرندلیچ برای جذب نیترات در حضور و غیاب امواج فراصوت ۹۵
جدول ۴-۴:	ثابت های تمکین برای جذب نیترات در حضور و غیاب امواج فراصوت ۹۶
جدول ۵-۴:	ثابت های ریدلیچ پترسون برای جذب نیترات در حضور و غیاب امواج فراصوت ۹۷
جدول ۶-۴:	پارامترهای ترمودینامیکی فرایند جذب ۹۸
جدول ۷-۴:	ثابت های سرعت و مقادیر جذب تعادلی ۱۰۲
جدول ۸-۴:	مقدار نیترات واجذب شده با جاذب هایی که در غلظت های مختلفی از محلول نیترات غیر فعال شده اند ۱۰۶
جدول ۹-۴:	ثابت های مدل سینتیکی شبه مرتبه دو برای فرایند واجذبی ۱۰۹
جدول ۱۰-۴:	ثابت های ایزوترم های بکار برده شده ۱۱۱
جدول ۱۱-۴:	پارامترهای ترمودینامیکی فرایند واجذبی ۱۱۲
جدول ۱-۵:	تاثیر غلظت اولیه روی درصد حذف نیترات در دو دمای ۲۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد در زمان تعادلی ۳۰ دقیقه ۱۲۲
جدول ۲-۵:	نتایج بررسی سینتیکی با دو مدل سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم ۱۲۵

فهرست شکل ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۱: نمایشی از حرکت صوت در یک محیط مایع: پرتراکم (فشرده)- کم تراکم (رقیق).....	۴
شکل ۱-۲: گستره (طبقه بندی) فرکانس های صوتی: شنوایی انسان - فراصوت قوی - گستره توسعه یافته برای سونوشیمی - فراصوت تشخیص	۵
شکل ۱-۳: پیشرفت و تلاشی ناگهانی حباب های حفره زایی، شکل گیری حباب- رشد در چرخه های پی در پی - رسیدن به حد ناپایدار - فروریختن ناگهانی.....	۷
شکل ۱-۴: یک گستره از حوادثی که حباب ها در میدان صوتی متحمل می شوند.....	۸
شکل ۱-۵: رشد حباب به عنوان تابعی از زمان در آب و محلول SDS.....	۹
شکل ۱-۶: یک نمایش شماتیک از رشد هسته ای حباب ها بواسطه نفوذ اصلاحی و به هم آمیختگی در یک میدان صوتی	۱۰
شکل ۱-۷: نقاط داغ تشکیل شده بخاطر انفجار حباب در میدان فراصوتی.....	۱۱
شکل ۱-۲: تهیه آنیون وانادیم هگزاکربونیل	۱۸
شکل ۱-۸: اثر شدت امواج فراصوت روی شکل و اندازه نانو ذرات طلا 30nm (a) 55nm (b) 90nm (c).....	۲۱
شکل ۱-۹: تصاویر SEM (چپ) و TEM (راست) ساختارهای گوناگونی از ZnO که با استفاده از روش سونوشیمی تهیه شده است	۲۲
شکل ۱-۱۰: طرح شماتیک پلیمریزاسیون امولسیون با استفاده از امواج فراصوت.....	۲۳
شکل ۱-۱۱: هموپلیمریزاسیون استایرن با استفاده از امواج فراصوت و اثر شدت امواج.....	۲۵
شکل ۱-۱۲: میکروگراف های امولسیون سازی (a) 28kHz (b) 45kHz	۲۵
شکل ۱-۱۳: موج دائمی صوتی	۲۷
شکل ۱-۱۴: مولد تولید امواج فراصوت قوی در هوا	۲۸
شکل ۱-۱۵: ماکت سیستم مولد متمرکز کننده برای پراکندگی کف ها	۲۹

- شکل ۱-۱۶: اثر امواج فراصوت روی حذف یون های سرب و مس ۳۱
- شکل ۱-۲: طرح خلاصه ای از ساختار کلی یک ذره جاذب و مقاومت های مربوط به مولکول های سیال ۳۹
- شکل ۲-۲: توزیع اندازه خلل و فرج های میکرو در (a) زئولیت نوع 3A، (b) 4A، (c) 5A، (d) 10X، (e) 13X، (f) کربن غربال مولکولی، (g) کربن فعال ۴۰
- شکل ۲-۳: اثر غربال مولکولی به عنوان اثری سینتیکی ۴۲
- شکل ۲-۴: دیاگرام انرژی پتانسیل برای جذب سطحی ۴۶
- شکل ۲-۵: انواع پنج گانه ایزوترم های جذب بر طبق طبقه بندی براونر در سال ۱۹۴۵ ۴۹
- شکل ۲-۶: شکل منحنی ایزوترم های لانگمویر و فرنرندلیچ ۵۳
- شکل ۲-۷: اختلاف خاصیتی بین فرایند جذب و تعویض یون ۵۹
- شکل ۳-۱: منابع نیترا ت در آب ۶۸
- شکل ۳-۲: تولید نیترا ت در آب های زیرزمینی ۶۹
- شکل ۳-۳: اسمز طبیعی و اسمز معکوس ۷۴
- شکل ۳-۴: دیاگرام کاهش کاتالیتیکی نیترا ت ۷۴
- شکل ۳-۵: تبادل یون کاتیون و آنیون ۷۸
- شکل ۳-۶: نمایی از جذب سطحی ۷۹
- شکل ۴-۱: دستگاه فراصوت ۲۰ کیلوهرتز استفاده شده و منحنی استاندارد ۸۸
- شکل ۴-۲: تاثیر میزان جاذب در حذف یون نیترا ت ۸۹
- شکل ۴-۳: تاثیر زمان تماس روی جذب یون نیترا ت ۹۰
- شکل ۴-۴: تاثیر دما روی حذف یون نیترا ت ۹۱
- شکل ۴-۵: وابستگی q_e به C_e در دماهای مختلف ۹۳
- شکل ۴-۶: منحنی ایزوترم لانگمویر فرایند جذب ۹۴
- شکل ۴-۷: طیف مادون قرمز جاذب a: قبل و b: بعد از استفاده ۱۰۰
- شکل ۴-۸: اثر زمان و دما بر جذب یون نیترا ت در حضور و غیاب امواج فراصوت ۱۰۱
- شکل ۴-۹: مدل سینتیکی شبه مرتبه دو برای فرایند جذب یون نیترا ت بر روی جاذب تهیه شده ۱۰۲
- شکل ۴-۱۰: اثر غلظت سود و زمان بر واجذبی یون نیترا ت از جاذب استفاده شده ۱۰۴

- شکل ۴-۱۱: اثر دما بر مقدار نیترات واجذب شده ۱۰۵
- شکل ۴-۱۲: اثر تکرارپذیری بر میزان حذف یون نیترات توسط جاذب تهیه شده ۱۰۷
- شکل ۴-۱۳: اثر زمان و دما روی واجذبی نیترات ۱۰۸
- شکل ۴-۱۴: مدل سینتیکی شبه مرتبه دو برای فرایند واجذبی یون نیترات از جاذب ۱۰۹
- شکل ۴-۱۵: منحنی ایزوترم لانگمویر فرایند واجذبی ۱۱۰
- شکل ۵-۱: اثر pH بر حذف نیترات توسط ذرات آهن ۱۱۷
- شکل ۵-۲: تاثیر مدت زمان تهیه ذرات آهن بر میزان کاهش غلظت یون نیترات ۱۱۸
- شکل ۵-۳: اثر غلظت بر میزان حذف یون نیترات ۱۱۹
- شکل ۵-۴: اثر زمان تماس ۱۲۰
- شکل ۵-۵: اثر دما بر میزان حذف نیترات ۱۲۱
- شکل ۵-۶: اثر زمان و دما بر حذف نیترات در حضور و غیاب امواج فراصوت ۱۲۲
- شکل ۵-۷: مدل سینتیکی شبه مرتبه اول ۱۲۳
- شکل ۵-۸: مدل سینتیکی شبه مرتبه دو ۱۲۴

فصل اول

امواج فراصوت و کاربردهای آن

۱-۱ تاریخچه

کاربرد امواج فراصوت در طبیعت را می‌توان در برقراری ارتباط بین حیوانات (تعیین مسیر خفاش و صدای سگ) مشاهده نمود، سپس ممکن است کاربرد فراصوت در تصویربرداری از جنین در پزشکی، ردیابی در زیر آب، یا آزمایش غیر مخرب مواد برای پی بردن به وجود نقص در آنها را به یاد آوریم. با این حال برای یک شیمی‌دان، صوت احتمالاً شکل اولیه انرژی نیست که برای فعال‌سازی یک واکنش شیمیایی به کار می‌رود.

این روزها دانشمندان زیادی به شاخه تحقیقاتی جدیدی به نام "سونوشیمی" روی آورده‌اند، اصطلاحی که در ابتدا برای توصیف اثر امواج فراصوت در واکنش‌های شیمیایی به کار می‌رفت و علاوه بر آن در فرایندهایی شامل فراصوت قوی هم کاربرد داشت. در این اصطلاح پیشوند "سونو" به معنی صوت است، همانطور که در روش‌های قبلی از نور (فوتوشیمی^۱) و الکتروسیسته (الکتروشیمی^۲) جهت فعال‌سازی شیمیایی استفاده می‌شد. بسیاری از روش‌های شیمیایی نیاز به شرایط خاصی برای تاثیرگذاری دارند به عنوان مثال در استفاده از امواج میکروویو^۳ حضور گونه‌های قطبی، الکتروشیمی وجود محیط رسانا و فوتوشیمی حضور یک گروه کروموفور^۴ که در اثر تابش نور فعال شود ضروری است. با این حال در فراصوت تنها حضور یک مایع که امواج قوی بتواند از آن عبور کند، کافی است. با چنین نگرشی سونوشیمی را می‌توان یک روش فعال‌سازی عمومی نظیر ترموشیمی^۵ و پیزوشیمی^۶ در نظر گرفت.

اولین کاربرد تجاری فراصوت از نظر تاریخی به سال ۱۹۱۷ برمی‌گردد زمانی که روش انعکاس صدا به منظور تعیین عمق آب توسط لانگوین^۷ به کار گرفته شد. این کشف نتیجه مستقیم ایده‌ای بود که در سال ۱۹۱۲ توسط شرکتی پیشنهاد شد. این شرکت از یک روش نامرئی، کوه‌های یخی در دریاها را تشخیص می‌داد تا اینکه فاجعه‌ای که بر روی کشتی تایتانیک اتفاق افتاده بود تکرار نشود. عمق‌سنج‌های اولیه با

¹ Photochemistry

² Electrochemistry

³ Microwave

⁴ Chromophore

⁵ Thermochemistry

⁶ Piezochemistry

⁷ Langvin

سیستم پژواک، یک پالس ساده فراصوت را از تیر انتهایی کشتی به ته دریا می فرستادند که پس از انعکاس، به دکتوری در همان جا بازگشت می یافت. چنین سیستمی برای کمیته ردیابی زیردریایی ها در طول جنگ جهانی دوم بسیار مهم بود و عموماً با اصطلاح^۱ ASDIC شناخته می شد. پیشرفت بعدی در سیستمی به نام SONAR^۲ صورت گرفت که امکان جاروب دریاهای اطراف را می داد. نکته جالب توجه این است که سیستم ASDIC اولیه سی سال قبل از سیستم ردیاب رادیویی (RADAR^۳) مربوطه روی کار آمد.

اساساً همه تصویربرداری ها از فراصوت پزشکی گرفته تا تست های غیر مخرب، بر پایه یک نوع پالس-پژواک^۴ استوار هستند که با سخت افزار الکترونیکی بهبود قابل توجهی یافته اند. این بهبود دستگامی، نه تنها امکان تشخیص صوت منعکس شده از سطح سخت فلزی یک زیردریایی را فراهم می کند بلکه تغییرات ظریفتر روی محیطی که صوت از آن می گذرد (مثلاً در بافت های مختلف بدن) را نیز ممکن می سازد. فراصوت با فرکانس بالا (در دامنه ۲ تا ۱۰ مگاهرتز) در آغاز برای این منظور به کار گرفته شد تا اینکه با این طول موج های کوتاه، تشخیص نواحی کوچکتر تغییر فازی بهتر امکان پذیر باشد [۱].

۱-۲ تأثیر صوت

صوت مولکول های محیطی را که از آن می گذرد به ارتعاش در می آورد، نظیر این حرکت را می توان بصورت امواجی مشاهده کرد که با انداختن یک سنگ کوچک در آب آرام یک حوض ایجاد می شود. موج حرکت می کند ولی مولکول های سازنده محیط پس از عبور موج، به موقعیت اولیه خود برمی گردند. شکل دیگری از موج در اثر تکان ناگهانی یک انتهای یک فنر کش آمده افقی به وجود می آید. در این حالت انرژی ارتعاشی به صورت یک موج فشرده تنها است و با صوت متفاوت است که خود مجموعه های کاملی از چنین امواج فشرده ای است که با امواج رقیق شده^۵ (کش آمده) در بین آنها جدا شده اند. زیر و بمی^۱ (نت^۲) صدای ایجاد شده در اثر

^۱ Allied Submarine Detection Investigation Committee

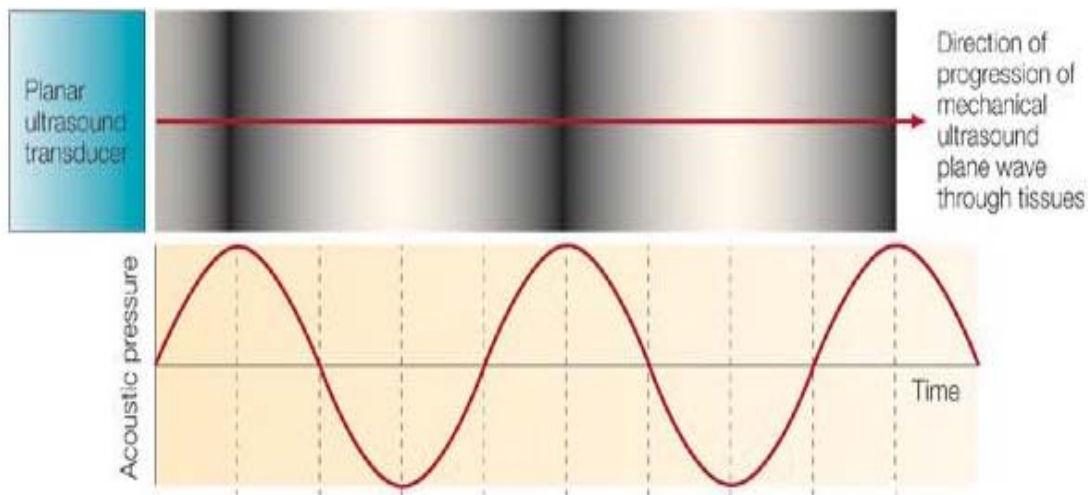
^۲ Sound Navigation And Ranging

^۳ Radio Detection And Ranging

^۴ Pulse-echo

^۵ Rarefaction

این سری از امواج به فرکانس آنها یعنی تعداد امواجی که از یک نقطه معین در واحد زمان می‌گذرد بستگی دارد. امواج صوتی را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از خطوط قائم یا سایه‌دار نشان داد که در بین نواحی کم‌رنگ تا سفید قرار گرفته و یک موج سینوسی را توصیف می‌کند (شکل ۱-۱) [۱،۲].

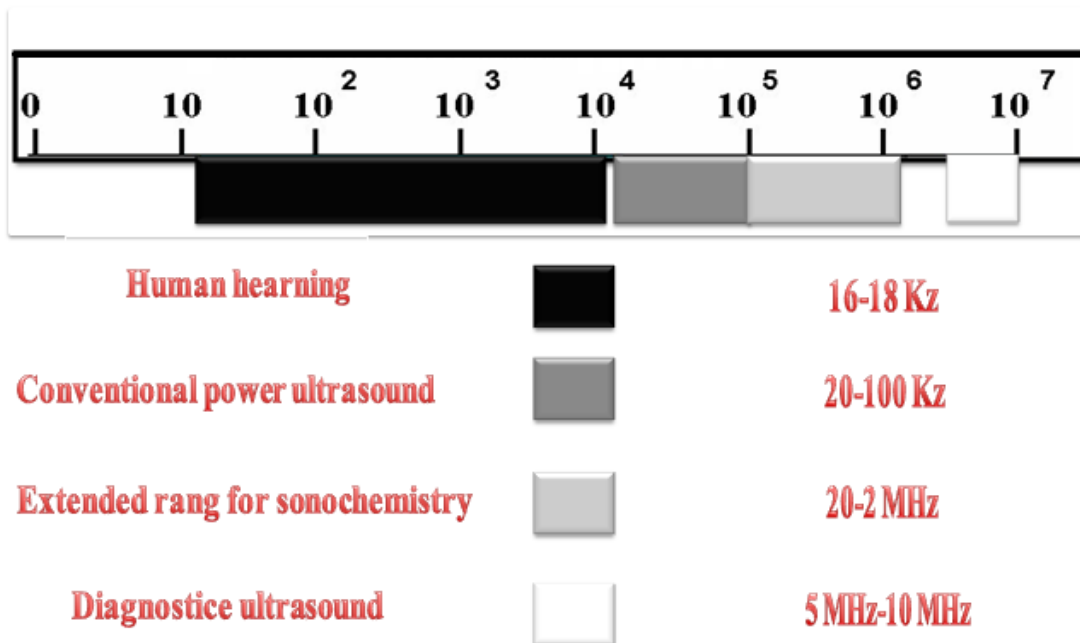


شکل ۱-۱: نمایشی از حرکت صوت در یک محیط مایع: پرتراکم (فشرده) - کم تراکم (رقیق)

به طور کلی امواج فراصوت، امواجی مکانیکی هستند که هنگام عبور از محیط‌های مادی نظیر جامدها، مایع‌ها و گازها بطور متناوب منبسط و منقبض شده که فشار منفی ایجاد شده در چرخه انبساط بر نیروهای پیوستگی مایع‌ها غلبه کرده و باعث تشکیل حباب‌های ریزی می‌شود. امواج فراصوتی، امواجی با فرکانس بالاتر از حد شنوایی انسان (۱۸kHz) بوده و معمولاً مطابق شکل (۱-۲) گستره فرکانسی ۲۰ kHz تا ۲ MHz در سونو شیمی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱،۲].

¹ Pitch

² Note



شکل ۱-۲: گستره (طبقه بندی) فرکانس های صوتی: شنوایی انسان - فراصوت قوی - گستره توسعه یافته برای سونوشیمی -

فراصوت تشخیص

۳-۱ سونوشیمی

کاربردهای ویژه فراصوت و علاقه روزافزون به این مساله باعث برگزاری چندین کنفرانس بزرگ و ساماندهی گروه های ویژه و علاقه مند شده است. اولین کنفرانس علمی در این مورد در سال ۱۹۸۶ و در دانشگاه واویک انگلیس^۱ در پی گردهمایی پاییزی انجمن سلطنتی شیمی صورت گرفت. تاسیس گروه سونوشیمی انجمن سلطنتی شیمی^۲ در سال ۱۹۸۷ توسط یک انجمن اروپایی در سال ۱۹۹۰ ادامه یافت و بعد از آن سایر گروه های فعال، زمینه توسعه این شاخه از علم را در سال های اخیر فراهم نمودند [۱،۲].

^۱ Warwick University U.K.

^۲ Royal Society of Chemistry Sonochemistry Group