

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد (M.Sc)

نام و نام خانوادگی دانشجو: فاطمه ارجمند در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۳۰ رشته: شیمی فیزیک

از پایان نامه خود با عنوان: تعیین کشش سطحی مایعات یونی بر پایه ایمیدازولیوم با استفاده از تابع پتانسیل

یوکاوا با درجه و نمره دفاع نموده است.

امضاء اعضای هیات داوری	سمت	نام و نام خانوادگی اعضای هیات داوری
	استاد راهنما	۱ - سرکار خانم دکتر مریم بهادری
	استاد مشاور	۲ - سرکار خانم دکتر نسرین هوشمند
	استاد داور داخلی	۳ - سرکار خانم دکتر نیما کراچی
	استاد داور خارجی	۴ - سرکار خانم دکتر ستاره شیخ

مدیر/معاونت پژوهشی

مراتب فوق مورد تایید است .

مهر و امضاء



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد مرودشت

دانشکده علوم پایه - گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.Sc»

گرایش: شیمی فیزیک

عنوان:

**تعیین کشش سطحی مایعات یونی بر پایه ایمیدازولیوم**

**با استفاده از تابع پتانسیل یوکاوا**

استاد راهنما:

دکتر مریم بهادری

استاد مشاور:

دکتر نسرین هوشمند

نگارش:

فاطمه ارجمند

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدرم اسوه صبوری و استقامت

و

مادرم فرشته مهربانی و محبت

## سپاسگزاری:

حمد و سپاس از لطف بی پایان خداوند منان که به من توفیق عطا نمود که بتوانم این پایان نامه را به نگارش در آورم و مرا شوق و انگیزه آموختن داد. بعد از حمد و سپاس خداوند متعال وظیفه خود می‌دانم از پدر و مادر عزیزم که چراغ راه زندگیم بودند تشکر و قدر دانی کنم.

از استاد راهنما سرکار خانم دکتر مریم بهادری که با ارشادات و راهنمایی های عالمانه شان در انجام این تحقیق مرا مرهون زحمات و لطف خویش قرار دادند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از استاد محترم مشاور سرکار خانم دکتر نسرين هوشمند به خاطر حسن توجه و عنایت و راهنمایی ارزشمندشان سپاسگزاری می‌نمایم.

## چکیده:

یکی از موضوعات مورد توجه در مطالعه ترمودینامیک مایعات یونی، کشش سطحی می باشد در این پایان نامه برای محاسبه کشش سطحی تعدادی از مایعات یونی بر پایه ایمیدازولیوم از تابع پتانسیل یوکاوا استفاده شده است. این مدل برای توصیف بر هم کنش بین مولکولهای قطبی آنها را کره های سخت با سایز برابر و گشتاور دوقطبی ثابت فرض می کند در این روش با استفاده از مشتق پتانسیل یوکاوا نسبت به حجم یک معادله حالت حاصل می شود. سپس با استفاده از داده های تجربی PVT، پارامترهای معادله حالت برای مایعات یونی شامل کاتیون های [bmim] و [hmim] و آنیون های  $\text{BF}_4^-$  و  $\text{PF}_6^-$  و  $\text{NtF}_2^-$  بدست آمده است از این پارامترها فشار درونی و ثابت همبستگی جفتی حاصل می شود با استفاده از یک ارتباط جدید برای کشش سطحی که براساس برخی استدلال های ترمودینامیکی در رابطه بوف و کریک وود بدست آمده کشش سطحی سیستم های مورد نظر محاسبه می شود. در این روش داده تجربی و کشش سطحی در یک دما مورد نیاز است. مقدار کشش سطحی بدست آمده با داده تجربی توافق خوبی دارند و اثر تغییر کاتیون و آنیون بر کشش سطحی با آنچه که در تجربه بدست آمده تقریباً یکسان است.

واژگان کلیدی: مایعات یونی، کشش سطحی، پتانسیل یوکاوا

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ تاریخچه مایعات یونی
۳	۳-۱ مایعات یونی و ساختار آنها
۵	۴-۱ مزایای مایعات یونی
۷	۵-۱ ویژگیهای مایعات یونی
۷	۱-۵-۱ چگالی و ویسکوزیته مایعات یونی
۸	۲-۵-۱ قابلیت الکتروشیمیایی
۸	۶-۱ کاربرد مایعات یونی
۹	۷-۱ سنتز مایعات یونی
۹	۱-۷-۱ تشکیل کاتیون
۱۰	۲-۷-۱ تعویض آنیون
۱۱	۸-۱ خلوص مایعات یونی
۱۱	۹-۱ نسل هایی مختلف از مایعات یونی
۱۲	۱۰-۱ کشش سطحی
۱۳	۱۱-۱ تعیین کشش سطحی در مایعات یونی
۱۴	۱-۱۱-۱ روش (CR): افزایش موینگی
۱۵	۲-۱۱-۱ روش (PD): قطره آویزان
۱۶	۳-۱۱-۱ روش (DNR), (WP): جداسازی حلقه و صفحه‌ی ویلهلمی

۴-۱۱-۱ روش (DW),( DV) : حجم قطره و وزن قطره .....	۱۶
۵-۱۱-۱ روش (BP) : حداکثر فشار حباب .....	۱۷
۶-۱۱-۱ روش (SD): قطره ی چرخشی .....	۱۷
۷-۱۱-۱ روش (DLS) : گسیل سازی یا پراکنده کردن دینامیکی نور .....	۱۸
۱۲-۱ کشش سطحی مایعات یونی خالص .....	۱۹
۱-۱۲-۱ اثر دما .....	۱۹
۲-۱۲-۱ تأثیر آب و دیگر ناخالصی ها .....	۲۰
۳-۱۲-۱ تأثیر ساختاری .....	۲۱
۱۳-۱ تابع پتانسیل .....	۲۲
۱-۱۳-۱ معرفی تابع پتانسیل .....	۲۲
۲-۱۳-۱ پتانسیل کره سخت .....	۲۳
۳-۱۳-۱ پتانسیل لنارد جونز .....	۲۳
۴-۱۳-۱ پتانسیل یوکاوا .....	۲۴
۵-۱۳-۱ پتانسیل لنارد جونز تعمیم یافته .....	۲۵
۱۴-۱ فشار داخلی .....	۲۶
۱۵-۱ تابع توزیع شعاعی .....	۲۷
۱-۱۵-۱ تعریف تابع توزیع شعاعی .....	۲۷
۱۶-۱ هدف تحقیق .....	۳۰
<b>فصل دوم: روش تحقیق</b>	
۱-۲ مقدمه .....	۳۲
۳۳	۳۳



صفحه	عنوان
۳۴	۲-۲ محاسبه فشار درونی .....
۴۲	۳-۲ بدست آوردن تابع همبستگی جفتی .....
۴۳	۴-۲ محاسبه کشش سطحی .....
۴۴	<b>فصل سوم: بحث و نتیجه گیری</b> .....
۴۵	۱-۳ بررسی پارامتر $I$ برای مایعات یونی .....
۵۲	۲-۳ بررسی فشار درونی برای مایعات یونی .....
۵۹	۳-۳ بررسی تابع همبستگی جفتی برای مایعات یونی .....
۶۵	۴-۳ بررسی عبارت $r_m^4 p_{int} g(\sigma, \rho, T)$ برای مایعات یونی .....
۶۸	۵-۳ بررسی رفتار کشش سطحی مایعات یونی .....
۷۴	نتیجه گیری .....
۷۵	منابع و ماخذ .....

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۰	جدول (۱-۱): ۱- بوتیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم تترا فلئوروبورات
۳۰	جدول (۲-۱): ۱- بوتیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم هگزا فلئوروفسفات
۳۰	جدول (۳-۱): ۱- بوتیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم بیس [تری فلئورومتیل) سولفونیل] امید
۳۱	جدول (۴-۱): ۱- هگزیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم تترا فلئوروبورات
۳۱	جدول (۵-۱): ۱- هگزیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم هگزا فلئوروفسفات
۳۱	جدول (۶-۱): ۱- هگزیل - ۳- متیل ایمیدازولیوم بیس [تری فلئورومتیل) سولفونیل] امید
۳۶	جدول (۱-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[bmim][BF_4]$
۳۷	جدول (۲-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[bmim][PF_6]$
۳۸	جدول (۳-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[bmim][NtF_2]$
۳۹	جدول (۴-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[hmim][BF_4]$
۴۰	جدول (۵-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[hmim][PF_6]$
۴۱	جدول (۶-۲): پارامترهای ایزوترم $S I b a$ برای $[hmim][NtF_2]$
۵۲	جدول (۱-۳): پارامتر $D$ برای شش مایع یونی

## فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۱-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{bmim}][\text{BF}_4]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۳۶
نمودار (۲-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{bmim}][\text{PF}_6]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۳۷
نمودار (۳-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{bmim}][\text{NtF}_2]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۳۸
نمودار (۴-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{hmim}][\text{BF}_4]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۳۹
نمودار (۵-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{hmim}][\text{PF}_6]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۴۰
نمودار (۶-۲): ایزوترم $(Z-1)V$ بر حسب $V$ برای $[\text{hmim}][\text{NtF}_2]$ نقاط مقادیر تجربی و خطوط تطبیق با داده های تجربی .....	۴۱
نمودار (۱-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{bmim}][\text{BF}_4]$ .....	۴۶
نمودار (۲-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{bmim}][\text{PF}_6]$ .....	۴۷
نمودار (۳-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{bmim}][\text{NtF}_2]$ .....	۴۸
نمودار (۴-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{hmim}][\text{BF}_4]$ .....	۴۹
نمودار (۵-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{hmim}][\text{PF}_6]$ .....	۵۰
نمودار (۶-۳): پارامتر $I$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای $[\text{hmim}][\text{NtF}_2]$ .....	۵۱
نمودار (۷-۳): ایزوبار $P_{int}$ بر حسب $T$ برای $[\text{bmim}][\text{BF}_4]$ .....	۵۳

- نمودار (۳-۸): ایزوبار  $P_{int}$  بر حسب  $T$  برای  $[bmim][PF_6]$  ..... ۵۴
- نمودار (۳-۹): ایزوبار  $P_{int}$  بر حسب  $T$  برای  $[bmim][NtF_2]$  ..... ۵۵
- نمودار (۳-۱۰): ایزوبار  $P_{int}$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][BF_4]$  ..... ۵۶
- نمودار (۳-۱۱): ایزوبار  $P_{int}$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][PF_6]$  ..... ۵۷
- نمودار (۳-۱۲): ایزوبار  $P_{int}$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][NtF_2]$  ..... ۵۸
- نمودار (۳-۱۳): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[bmim][BF_4]$  ..... ۵۹
- نمودار (۳-۱۴): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[bmim][PF_6]$  ..... ۶۰
- نمودار (۳-۱۵): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[bmim][NtF_2]$  ..... ۶۱
- نمودار (۳-۱۶): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][BF_4]$  ..... ۶۲
- نمودار (۳-۱۷): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][PF_6]$  ..... ۶۳
- نمودار (۳-۱۸): ایزوبار  $g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $T$  برای  $[hmim][NtF_2]$  ..... ۶۴
- نمودار (۳-۱۹) عبارت  $r_m^4 p_{int} g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $V$  برای  $[bmim][BF_4]$  و  $[hmim][BF_4]$  ..... ۶۵
- نمودار (۳-۲۰) عبارت  $r_m^4 p_{int} g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $V$  برای  $[bmim][PF_6]$  و  $[hmim][PF_6]$  ..... ۶۶
- نمودار (۳-۲۱) عبارت  $r_m^4 p_{int} g(\sigma, \rho, T)$  بر حسب  $V$  برای  $[bmim][NtF_2]$  و  $[hmim][NtF_2]$  ..... ۶۷
- نمودار (۳-۲۲): مقایسه نقاط مربوط به کشش سطحی تجربی و خط مربوط به داده‌های کشش سطحی محاسبه شده برای کاتیون ثابت  $[bmim]$  ..... ۶۹
- نمودار (۳-۲۳): مقایسه نقاط مربوط به کشش سطحی تجربی و خط مربوط به داده‌های کشش سطحی محاسبه شده برای کاتیون ثابت  $[hmim]$  ..... ۷۰
- نمودار (۳-۲۴): مقایسه نقاط مقادیر کشش سطحی تجربی و خط مربوط به داده‌های کشش سطحی محاسبه شده برای آنیون ثابت  $[BF_4]$  ..... ۷۱

## عنوان

## صفحه

نمودار (۳-۲۵): مقایسه نقاط مقادیر کشش سطحی تجربی و خط مربوط به داده‌های کشش سطحی

محاسبه شده برای آنیون ثابت  $[PF_6]$  ..... ۷۲

نمودار (۳-۲۶): مقایسه نقاط مقادیر کشش سطحی تجربی و خط مربوط به داده‌های کشش سطحی

محاسبه شده برای آنیون ثابت  $[NtF_2]$  ..... ۷۳

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۹	شکل (۱-۱): واکنش آلکیلاسیون (تشکیل کاتیون) برای متیل ایمیدازولیوم
۱۰	شکل (۲-۱): واکنش تعویض آنیون برای بدست آوردن مایع یونی بر پایه اسیدهای لوئیس
۱۱	شکل (۳-۱): تعویض آنیون با نمک های فلزی
۱۱	شکل (۴-۱): تعویض آنیون با اسیدهای برونستد
۱۳	شکل (۵-۱): نیروی بین مولکولی در مایعات
۱۵	شکل (۶-۱): شکل قطره در روش قطره آویزان
۱۸	شکل (۷-۱): شکل قطره در روش قطره ی چرخشی
۲۰	شکل (۸-۱): تغییرات کشش سطحی با افزایش دما در مایعات مختلف
۲۳	شکل (۹-۱): پتانسیل کره سخت
۲۴	شکل (۱۰-۱): پتانسیل لناردجونز
۲۸	شکل (۱۱-۱): تابع توزیع شعاعی

## فصل اول: مقدمه

## ۱-۱ مقدمه

زندگی بشر به نوعی با دانش شیمی در زمینه‌های مختلف مرتبط است. متأسفانه به موازات نقش مؤثری که صنایع شیمیایی در زندگی روزمره انسان‌ها ایفا می‌کنند اثرات زیان‌آوری نیز بر روی محیط زیست یا سلامتی انسان‌ها باقی می‌گذارند. از این رو حذف یا کاهش اثرات ناشی از فرایندهای شیمیایی و کاهش انتشار مواد خطرناک از جمله دغدغه‌های شیمیدانان است و به این منظور دانشمندان در تلاشند که تا حد امکان خطر ذاتی مواد را کاهش دهند و یا موادی را جایگزین کنند که نقش آلاینده‌گی کمتری داشته و یا آنکه راحت‌تر بازیافت شوند هر نوع فعالیتی در این زمینه "شیمی سبز" خوانده می‌شود. شیمی سبز عبارت است از طراحی، توسعه و بکارگیری فرایندها و واکنش‌های مناسب برای کاهش یا حذف مواردی که برای انسان یا محیط زیست خطرناک هستند.

یک دسته از مواد پرکاربرد، حلال‌هایی هستند که در طی واکنش‌های شیمیایی بکار گرفته می‌شوند این حلال‌ها اغلب سمی و آتشگیرند و دررده مهم‌ترین عوامل آلاینده قرار گرفته‌اند مشکلات ناشی از جداسازی حلال‌ها از محصولات، بازیافت کامل این حلال‌ها مخاطرات زیست محیطی و هزینه‌های هنگفتی که صرف کنترل این حلال‌ها می‌شود توجه محققان را به سمت استفاده از حلال‌های سبز معطوف داشته است. مایعات یونی<sup>۱</sup> دسته جدیدی از ترکیبات شیمیایی هستند که با خواص و ویژگی‌های فوق‌العاده خود قادر به ایجاد محیط‌های شیمیایی سبز به منظور اجرای فرایندهای شیمیایی و جایگزینی مناسب برای حلال‌های آلی و معدنی می‌باشند.

---

1- Ionic Liquids



## ۲-۱ تاریخچه مایعات یونی

در مورد کشف اولین مایعات یونی اختلاف نظرهایی وجود دارد. در اینجا به شرح مختصری از تاریخچه مایعات یونی می‌پردازیم:

مایعات یونی اولین بار در سال ۱۹۱۴ با سنتز اتیل آمونیوم نیترات (نقطه ذوب  $12^{\circ}\text{C}$ ) شناخته شد [۱] در طول دهه ۱۹۴۰ نمک‌های مذاب بر پایه آلومینیوم کلرید، برای آبکاری در دمای صدها درجه سلسیوس بکار برده می‌شد [۲] اما تا سال ۱۹۵۱ این مواد کاربرد گسترده‌ای نداشتند. تاریخچه مایعات یونی با بررسی باتری‌های حرارتی در نیروی هوایی آمریکا در سال ۱۹۶۳ آغاز شد. که به دنبال جایگزینی مناسب برای سیستم لیتیم کلرید: پتاسیم کلرید مورد استفاده در باتری‌های حرارتی بودند که بطور معمول دارای نقطه ذوب بالایی است. با ادامه تحقیقات در نیروی هوایی آمریکا الکترولیت‌های براساس نمک آلومینیوم کلراید یا اتیل پیریدینیوم هالید را گزارش کردند که سرآغاز مایعات یونی نوین بودند و رفتارهای مناسب‌تری نشان می‌دادند و با ادامه تحقیقات مایعات یونی بر پایه ۱- اتیل-۳- متیل ایمیدازولیوم کلر و آلومینات گسترش یافت که حتی زیر دمای اتاق هم مایع بودند ولی نسبت به رطوبت و اکسیژن هوا حساس بودند و نیاز به شرایط پیچیده برای تهیه داشتند. بنابراین تلاش برای تهیه این مایعات یونی پایدار در برابر آب و اکسیژن آغاز شد و با تهیه این مایعات یونی کاربرد های این مواد گسترش زیادی پیدا کردند [۳].

## ۳-۱ مایعات یونی و ساختار آنها

بطور کلی تعریف‌های گوناگونی برای یک مایع یونی وجود دارند که شاید پذیرفته شده‌ترین آنها «یک ماده متشکل از یون‌ها با نقطه‌ی ذوب پایین‌تر از  $100^{\circ}\text{C}$ » باشد. چنین تعریفی صدها و هزاران ترکیب را به عنوان مایع یونی دسته‌بندی می‌کند اما در حقیقت تعداد واقعی آنها محدود

است در سال‌های اخیر، تعداد مایعات یونی شناخته شده به شدت رو به افزایش بوده است. مایعات یونی را با نام نمک‌های مذاب<sup>۱</sup>، یون‌های مایع غیرآبی<sup>۲</sup> (NAILS) یا مایعات یونی دمای اتاق<sup>۳</sup> (RTL) نیز می‌شناسند [۴].

ساختار مولکولی مایعات یونی متشکل از کاتیون‌ها و آنیون‌های مختلف است. معمولاً نقش کاتیون را یک ترکیب آلی حجیم (با بار مثبت) بازی می‌کند اما آنیون‌ها از لحاظ حجم بسیار کوچک‌تر از کاتیون‌ها هستند (با بار منفی) و ساختار آنها معدنی است. به دلیل تفاوت اندازه بین آنیون‌ها و کاتیون، پیوند میان دو جزء تشکیل دهنده مایعات یونی ضعیف است و این ترکیبات در دمای زیر ۱۰۰ درجه سانتیگراد بصورت مایع هستند. ساختار مایع یونی مانند ساختار نمک طعام است ولی نمک طعام به علت پیوند قوی بین کاتیون و آنیون آن (شباهت بالای آنیون و کاتیون از نظر اندازه، بار و ماهیت) ساختار بلورین مستحکم دارد و در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد بصورت مذاب در می‌آید. برای دسته‌بندی مایعات یونی دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. به آن دسته که در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مایع هستند، مایعات مذاب و دسته‌ای که در پایین‌تر از این دما حالت مایع دارند، مایعات یونی گویند. بعضی از مایعات یونی در دمای اتاق مایع هستند که به آنها مایعات یونی در دمای اتاق گفته می‌شود.

مایعات یونی بصورت شبکه سه بعدی از کاتیون‌ها هستند که با نیروهایی مثل پیوند هیدروژنی، نیروهای پراکندگی و الکتروستاتیک به هم متصل می‌شوند مهمترین ویژگی کاتیون این ترکیبات تقارن کم و تمرکز ضعیف بار مثبت است که مانع از تشکیل یک شبکه کریستالی منظم و کاهش نقطه ذوب نمک بوجود آمده می‌شود. این موضوع باعث فراهم شدن محیط مایع غیر آبی در دماهای پایین (نه صرفاً دمای محیط) و در نتیجه امکان انجام واکنش‌های متعدد در آنها می‌شود.

---

1- Molten Salts  
2- Non Aqueous Ionic Liquids  
3- Room Temperature Liquids Ionic

در ساختار مایعات یونی کاتیون‌های بر پایه ایمیدازولیوم، پیریدینیوم، پیرولیدینیوم، فسفونیوم، آمونیوم با شاخه‌های هیدروکربنی مختلف و آنیون‌های نظیر هگزا فلوروفسفات،  $[PF_6]^-$  تترافلوروبورات  $[BF_4]^-$ ، کلراید، برماید، نیترات، سولفات، بیس‌تری فلورومتیل سولفونیل ایمید  $[(CF_3SO_2)_2N]^-$  و... هستند گروه‌های آلکیل در کاتیون متغیر است (متیل - اتیل - بوتیل و...) جهت تعدیل و تطبیق و طراحی خواص فیزیکی و شیمیایی مایعات یونی می‌توان آنیون و گروه‌های آلکیل در کاتیونهای مایعات یونی را تغییر داد.

دو گروه عمده از مایعات یونی شامل ترکیباتی می‌شوند که به ترتیب از مولکول‌های آلی ایمیدازولیوم (کاتیون ترکیب ایمیدازول با فرمول  $(C_3H_4N_2)$ ) و پیریدینیوم (کاتیون ترکیب پیریدین با فرمول  $(C_5H_5N)$ ) به عنوان کاتیون ساخته شده‌اند.

## ۴-۱ مزایای مایعات یونی

مهمترین مزیت‌های مایعات یونی شامل موارد زیر است:

- ۱- این ترکیبات فشار بخار قابل ملاحظه‌ای ندارند. در نتیجه برخلاف حلال‌های آلی معمول مواد غیر فرار هستند و مشکلی برای محیط زیست ایجاد نمی‌کنند.
- ۲- تعداد مایعات یونی که امروزه می‌توان ساخت مشتمل بر ۱۰۶ ترکیب است (تنوع بسیار بالا و خصوصیات متفاوت) درحالی که تعداد کل حلال‌های مولکولی از ۶۰۰ ترکیب تجاوز نمی‌کند.
- ۳- مایعات یونی بسیار بیش از ترکیبات آلی رسانا بوده (کاربردهای الکترونیکی و الکتروشیمیایی) و آنزیم‌های مختلف در آنها به راحتی محلول هستند (کاربردهای بیوتکنولوژی)
- ۴- این مواد قادر به تشکیل یک سیستم دو فاز مناسب برای جداسازی<sup>۱</sup> هستند. در واکنش‌های دو فاز پس از اتمام واکنش با دوفاز شدن مخلوط واکنش، فاز آلی و فاز آبی حاوی

مایع یونی (که معمولاً در نقش کاتالیست یا بستر کاتالیست عمل می‌کند) از هم جدا شده و عمل جداسازی با سهولت و یا بازده بالا انجام می‌شود.

۵- به راحتی تشکیل پلیمر و ژل می‌دهند و انواع مختلفی واکنش آلی و معدنی در آنها انجام‌پذیر است.

۶- اگر از مایع یونی به عنوان کاتالیست استفاده شود، امکان استفاده مجدد و جداسازی کاتالیست از محصولات ساده است.

۷- مایعات یونی قادر هستند ترکیبات مختلف اعم از نمک‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آمینواسیدها، قندها و پلی‌ساکاریدها را در خود حل کنند. همچنین مولکول‌های آلی مانند نفت خام، جوهرها، پلاستیک‌ها و حتی DNA به راحتی در مایعات یونی مختلف محلول هستند.

۸- می‌توان با تغییر کاتیون یا آنیون، مایع یونی ساخت که خواص فیزیکی تشدید شده مثل حلالیت، ویسکوزیته و... نسبت به مایعات یونی متداول داشته باشد.

۹- با انتخاب کاتیون یا آنیون خاص می‌توان کاربری مایعات یونی تهیه شده برای کاتالیز کردن یک واکنش یا استخراج گونه‌های فلزی را اختصاصی<sup>۱</sup> کرد. اینگونه ترکیبات را مایعات یونی با کاربری خاص می‌گویند. از جمله مزیت‌های مایعات یونی نسبت به حلال‌های معمول مثل حلال‌های کلردار<sup>۲</sup> و آروماتیک را می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- مایعات یونی قادر به حل کردن گسترده وسیعی از ترکیبات آلی، معدنی و آلی-فلزی<sup>۳</sup> هستند.

۲- بشدت قطبی هستند.

۳- فشار بخار ناچیز دارند و غیر فرار هستند.

۴- در مقابل حرارت تا دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد عموماً پایدار و مقاوم هستند.

---

1- Specific  
2- Chlorinated Solvent  
3- Organometallic