بسم‌الله الرحمن الرحیم

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

مقالات خارجی

……..……, **Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.**

مقالات داخلی

.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

دانشکده شیمی
گروه شیمی‌فیزیک

پایان‌نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی
(گرایش شیمی‌فیزیک)

عنوان:

اندازه‌گیری دانسیته و ویسکوزیته و محاسبه خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های دوتایی و سه‌تایی ۱-هگزیل-۳-متیل ایمیدازولیوم تترافلوروبورات، ۱-پروپانول، و ۲-پروپانول درفشار اتمسفر و در محدوده دمایی ۲۹۳/۱۵ K تا ۳۳۳/۱۵ K

استاد راهنما:
دکتر فخری کرمانپور

نگارش:
طیبه شریفی

۱۳مهر ۱۳۹۰

دانشکده شیمی
گروه شیمی‌فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی (گرایش شیمی‌فیزیک)

عنوان:

اندازه‌گیری دانسیته و ویسکوزیته و محاسبه خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های دوتایی و سه‌تایی ۱ -هگزیل-۳-متیل ایمیدازولیوم تترافلوروبورات، ۱-پروپانول، و ۲-پروپانول درفشار اتمسفر و در محدوده دمایی ۲۹۳/۱۵ K تا ۳۳۳/۱۵ K

استاد راهنما:
دکتر فخری کرمانپور

پژوهشگر:
طیبه شریفی

کمیته ارزیابی پایان‌نامه:

۱- استاد راهنما: دکتر فخری کرمانپور	استادیار شیمی فیزیک
۲- استاد مدعو: دکترحسین ایلوخانی	استاد شیمی فیزیک
۳- استاد مدعو: دکترحسینعلی زارعی	دانشیار شیمی فیزیک

دانشکده شیمی

جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد
طیبه شریفی در رشته شیمی (گرایش شیمی‌فیزیک)

عنوان:

اندازه‌گیری دانسیته و ویسکوزیته و محاسبه خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های دوتایی و سه‌تایی ۱ -هگزیل-۳-متیل ایمیدازولیوم تترافلوروبورات، ۱-پروپانول، و ۲-پروپانـول در فشار اتمسفر و در محـدوده دمایی K ۲۹۳/۱۵تا K ۳۳۳/۱۵

به ارزش ۶ واحد در روز چهارشنبه ۱۳۹۰/۷/۱۳ ساعت ۱۰ صبح در سالن آمفی تئاتر ۲ دانشکده شیمی و با حضور اعضای هیأت داوران زیر برگزار گردید و با نمره ..... و درجه ..... به تصویب رسید.

هیأت داوران:

۱- استاد راهنما: دکتر فخری کرمانپور..... استادیار شیمی فیزیک

۲- استاد مدعو: پروفسور حسین ایلوخانی..... استاد شیمی فیزیک

۳- استاد مدعو: دکتر حسینعلی زارعی ..... دانشیار شیمی فیزیک

ناچیزتر از آن است که تقدیم را شایسته باشد ولی مطابق مرسوم و به پاس ارج نهادن به زحماتی که جبرانشان هرگز برایم میسر نخواهد بود، تقدیم می دارم:

تقدیم با بوسه بر دستان پدر و مادرم،

پدر عزیزم که سرچشمه خلوص است و استقامت، که سنبل امید است و خوش قلبی، او که با اندرزهایش ایستادگی و پشتکار را به من آموخت و دعایش همواره بدرقه راه من بوده و است.

مادر فداکارم که گنجینه محبت است و فداکاری، که آموزگار صداقت است و وفا، فرشته مهربانی که لحظه لحظه زندگی و دوران تحصیل من آکنده از مهر و محبت های بی دریغ او بوده است.

و خواهران عزیز و برادران دوست داشتنی ام که یاران صمیمی و همدمان همیشگی لحظه های شادی و اندوه من بودند، به پاس همراهی صمیمانه شان که کوچکترین موفقیت هایم را ستودند و همواره یاریم نمودند.

از استاد راهنمای فاضل و بزرگوارم، سرکار خانم دکتر کرمانپور که راهنمای من در مراحل مختلف تحقیق بوده اند و در کمال اخلاص یاریم نموده، کاستی هایم را شکیب آورند و تجربیات ارزشمندشان را در اختیار من قرار دادند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از اساتید گرانقدر پروفسور ایلوخانی و دکتر زارعی که زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را پذیرفتند، سپاسگزارم.

از دوستان عزیزم در خوابگاه و آزمایشگاه های تحقیقاتی شیمی فیزیک، شیمی آلی، شیمی معدنی، شیمی تجزیه، شیمی کاربردی سپاسگزارم.

در نهایت سپاس از هر یاری دهنده ای که وسعت همراهی اش حتی به قدر لحظه ای مرا به سپاسی ابدی موظف نمود.

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/ پایان نامه تحصیلی

عنوان: اندازه‌گیری دانسیته و ویسکوزیته و محاسبه خواص ترمودینامیکی مخلوطهای دو و سه‌تایی ۱-هگزیل۳-متیل ایمیدازولیم تترافلوروبورات، ۱- پروپانول، و ۲- پروپانول در فشار اتمسفر و در محدوده دمایی ۲۹۳/۱۵ K تا ۳۳۳/۱۵ K

نام نویسنده: طیبه شریفی

نام استاد راهنما: دکتر فخری کرمانپور

دانشکده: شیمی	**گروه آموزشی: شیمی‌فیزیک**	
رشته تحصیلی: شیمی	**گرایش تحصیلی: شیمی‌فیزیک**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی‌ارشد**
تاریخ تصویب: ۸۹/۸/۲۳	**تاریخ دفاع: ۹۰/۷/۱۳**	**تعداد صفحات: ۱۰۱**

چکیده:

در تحقیق حاضر دانسیته، ρ، و ویسکوزیته، η، مواد خالص ۱-هگزیل۳- متیل ایمیدازولیم تترافلوروبورات ([Hmim][BF_4])، ۱-پروپانول، و ۲-پروپانول و مخلوطهای دوتایی آنها x_1[Hmim][BF_4]+$x_2$1-propanol، x_1[Hmim][BF_4]+$x_2$2-propanol، و $x_1$1-propanol+$x_2$2-propanol همراه با مخلوط سه‌تایی x_1[Hmim][BF_4]+$x_2$1-propanol +$x_3$2-propanol برای کل محدوده کسر مولی، در فشار اتمسفر و در محدوده دمایی ۲۹۳/۱۵ K تا ۳۳۳/۱۵ K اندازه‌گیری شده‌اند. برای مخلوطهای دو و سه‌تایی حجم مولی فزونی، V_m^E، ضریب انبساط حرارتی، α، ضریب انبساط حرارتی فزونی، α^E، و تغییرات آنتالپی فزونی با فشار در دما و کسر مولی ثابت، $\left(\partial H_m^E/\partial p\right)_{T,x}$، و انحراف ویسکوزیته، $\Delta\eta$، از داده‌های تجربی دانسیته و ویسکوزیته محاسبه شده‌اند. حجم مولی فزونی همه مخلوطهای دو تایی و مخلوط سه‌تایی در کلیه دماها و در کل محدوده کسرمولی منفی است و با افزایش دما منفی‌تر می‌شود. انحراف ویسکوزیته دو مخلوط شامل مایع یونی و مخلوط سه‌تایی در کل محدوده کسرمولی‌ها منفی است و با افزایش دما کاهش می‌یابد. معادله ردلیچ-کیستر برای همبسته‌سازی داده‌های تجربی کمیتهای ترمودینامیکی مخلوطهای دوتایی و معادله سیبولکا برای مخلوط سه‌تایی مورد استفاده قرار گرفته است. نحوه تغییرات کمیتهای مولی فزونی مخلوطهای دوتایی با دما و نوع ترکیب بررسی شده است. نتایج تجربی همچنین با مدل پریگوگین-فلوری-پترسون، PFP، در پیش‌بینی حجم مولی فزونی مخلوط‌های دوتایی به‌کار رفته‌اند. در تمام دماها حجم مولی فزونی محاسبه شده توسط نظریه PFP با نتایج تجربی تطابق نسبتاً خوبی دارد.

واژه‌های کلیدی: مایع یونی، مخلوط دو و سه‌تایی، حجم مولی فزونی، انحراف ویسکوزیته، معادله ردلیچ-کیستر، معادله سیبولکا، نظریه PFP

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل اول: مقدمه، تئوری و مروری بر کارهای انجام شده

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مایعات یونی ۲

۱-۲-۱ ویژگی‌های مایعات یونی ۳

۱-۲-۲ کاربرد مایعات یونی در فرایندهای شیمیایی ۵

۱-۳ اهمیت مطالعه ترمودینامیک محلول‌های مایعات یونی ۶

۱-۴ ترمودینامیک محلول‌ها ۶

۱-۴-۱ خواص مولی جزئی و مولی ظاهری ۷

۱-۴-۲ حالت استاندارد محلول رقیق ۷

۱-۴-۳ ارتباط خواص مولی جزئی با خواص مولی ظاهری ۸

۱-۵ ترمودینامیک محلول‌های غیرایده‌آل ۹

۱-۵-۱ حالت استاندارد محلول غیرایده‌آل ۹

۱-۵-۲ کمیت‌های اختلاط ۱۱

۱-۶ حجم فزونی ۱۲

۱-۶-۱ روش‌های تجربی اندازه‌گیری حجم فزونی ۱۲

۱-۶-۲ استفاده از توابع همبستگی در مطالعه حجم فزونی ۱۳

۱-۶-۲-۱ معادله ردلیچ کیستر ۱۳

۱-۶-۲-۲ معادله سیبولکا ۱۴

۱-۶-۳ روش‌های نظری ۱۴

۱-۶-۳-۱ نظریه فلوری ۱۵

۱-۶-۳-۲ نظریه PFP ۱۶

۱-۶-۳-۳ نظریه ارس ۱۸

۱-۷ ویسکوزیته ۲۱

۱-۷-۱ معادلات همبستگی نیمه تجربی برای ویسکوزیته سیستم دوتایی..... ۲۲
۱-۷-۱-۱ نظریه ایرینگ..... ۲۲
۱-۷-۱-۲ نظریه مک آلیستر..... ۲۴
۱-۷-۱-۳ نظریه هریک..... ۲۶
۱-۸ تغییرات انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی..... ۲۷
۱-۱۰ کمیت‌های محاسبه شده در این تحقیق..... ۲۸
۱-۱۰-۱ تعیین حجم مولی فزونی..... ۲۸
۱-۱۰-۲ ضریب انبساط گرمایی..... ۲۸
۱-۱۰-۳ تغییرات آنتالپی مولی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمولی ثابت..... ۲۸
۱-۱۰-۴ انحراف ویسکوزیته..... ۲۸
۱-۱۱ مروری بر تحقیقات انجام شده..... ۲۹

فصل دوم: مواد، دستگاه‌ها و روش آزمایشگاهی

۲-۱ مواد..... ۳۲
۲-۲ توزین مواد..... ۳۲
۲-۳ تهیه نمونه..... ۳۲
۲-۴ چگالی سنج..... ۳۲
۲-۵ اندازه‌گیری ویسکوزیته..... ۳۵
۲-۵-۱ روش اندازه‌گیری ویسکوزیته..... ۳۵

فصل سوم: محاسبات و نتایج

الف) بررسی خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های دوجزئی..... ۳۸
۳-۱ حجم مولی فزونی..... ۳۸
۳-۲ ضریب انبساط حرارتی..... ۳۹
۳-۳ تغییرات آنتالپی مولی فزونی با فشار در دما و کسرمولی ثابت..... ۴۰
۳-۴ ویسکوزیته..... ۴۱

۳-۵ انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی..... ۴۲
۳-۶ بررسی نظری..... ۶۶
ب)بررسی خواص ترمودینامیکی مخلوط سه جزئی..... ۷۷
۳-۷ حجم مولی فزونی..... ۷۷
۳-۸ ضریب انبساط حرارتی و ضریب انبساط حرارتی فزونی..... ۷۷
۳-۹ تغییرات آنتالپی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمولی ثابت..... ۷۷
۳-۱۰ ویسکوزیته..... ۷۸
۳-۱۱ انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی..... ۷۸
فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری
۴-۱ رفتار کلی مخلوط‌های دوجزئی مورد اندازه‌گیری..... ۹۱
۴-۲ رفتار کلی مخلوط سه جزئی مورد اندازه‌گیری..... ۹۲
۴-۳ تفسیر فیزیکی نتایج..... ۹۳
۴-۳-۱ بررسی تاثیر نوع ماده بر روی خواص فزونی..... ۹۳
۴-۳-۲ بررسی تاثیردما بر روی حجم مولی فزونی..... ۹۴
۴-۴ کارهای آینده..... ۹۵
منابع..... ۸۲

جدول۲-۱: درصدخلوص، چگالی، و ویسکوزیته مواد خالص به‌کار رفته در تحقیق حاضر، در دماهای مختلف و فشار اتمسفر..... ۳۳

جدول ۳-۱: مقادیر چگالی، ρ، حجم مولی فزونی، $\boldsymbol{V_m^E}$، تغییرات آنتالپی مولی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمـولی ثابت، $\boldsymbol{(\partial H_m^E/\partial p)_{T,x}}$، ضریب انبساط حرارتی، α، و ضریب انبساط حرارتی فزونی، α^E، برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۴۳

جدول ۳-۲: مقادیر چگالی، ρ، حجم مولی فزونی، $\boldsymbol{V_m^E}$، تغییرات آنتالپی مولی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمولی ثابت، $\boldsymbol{(\partial H_m^E/\partial p)_{T,x}}$، ضریب انبساط حرارتی، α، و ضریب انبساط حرارتی فزونی، α^E، برای مخلـوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۴۵

جدول ۳-۳: مقادیر چگالی، ρ، حجم مولی فزونی، $\boldsymbol{V_m^E}$، تغییرات آنتالپی مولی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمولی ثابت، $\boldsymbol{(\partial H_m^E/\partial p)_{T,x}}$، ضریب انبساط حرارتی، α، و ضریب انبساط حرارتی فزونی، α^E، برای مخلـوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۴۷

جدول ۳-۴: مقادیر ویسکوزیته، η، انحراف ویسکوزیته، $\Delta\eta$، انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی، ΔG^{E^*}، برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف... ۴۹

جدول ۳-۵: مقادیر ویسکوزیته، η، انحراف ویسکوزیته، $\Delta\eta$، انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی، ΔG^{E^*}، برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف... ۵۱

جدول ۳-۶: مقادیر ویسکوزیته، η، انحراف ویسکوزیته، $\Delta\eta$، انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی، ΔG^{E^*}، برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۵۳

جدول ۳-۷: مقادیر انحراف استاندارد و پارامترهای حاصل از همبسته سازی کمیت‌های فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) با معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۵

جدول ۳-۸: مقادیر انحراف استاندارد و پارامترهای حاصل ازهمبسته سازی کمیت‌های فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) با معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۶

جدول ۳-۹: مقادیر انحراف استاندارد و پارامترهای حاصل از همبسته سازی کمیت‌های فزونی برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول(x_1) + ۲-پروپانول (x_2) با معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۷

جدول ۳-۱۰: مقادیر محاسبه شده برای سه سهم مجزای موثر در $\boldsymbol{V_m^E}$ براساس نظریه PFP برای مخلـوط دو جـزئـی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۶۸

جدول ۳-۱۱: مقادیر محاسبه شده برای سه سهم مجزای موثر در $\boldsymbol{V_m^E}$ براساس نظریه PFP برای مخلوط دو جزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2)..... ۶۸

جدول ۳-۱۲: مقادیر محاسبه شده برای سه سهم مجزای موثر در $\boldsymbol{V_m^E}$ براساس نظریه PFP برای مخلوط دو جزئی۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای مختلف..... ۶۸

جدول ۳-۱۳: مقادیر چگالی، ρ، حجم مولی فزونی، $\boldsymbol{V_m^E}$، تغییرات آنتالپی مولی فزونی نسبت به فشار در دما و کسرمولی ثابت، $(\boldsymbol{\partial H_m^E/\partial p})_{T,x}$ ، ضریب انبساط حرارتی، α، و ضریب انبساط حرارتی فزونی، α^E، برای مخلـوط سه جزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول(x_2) + ۲-پروپانول (x_3) در دماهای مختلف..... ۷۹

جدول ۳-۱۴: مقادیر ویسکوزیته، η، انحراف ویسکوزیته، $\Delta\eta$، ، و انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی، ΔG^{E*}،برای مخلـوط سه جزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول(x_2) + ۲-پروپانول(x_3) در دماهای مختلف..... ۸۴

جدول۳-۱۵: ضرایب معادله سیبولکا و انحراف استانداردهای مربوط به همبسته سازی حجم‌های مولی فزونی و انحراف ویسکوزیته برای مخلوط‌های سه جزئی..... ۸۸

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۲-۱: چگالی‌سنج آنتوان‌پار مدل DMA 4500..... ۳۵

شکل ۲-۲: ویسکومتر لوله مویینه Ubbelohde..... ۳۶

شکل ۳-۱: حجم مولی فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) +۱-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۸

شکل ۳-۲: حجم مولی فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۸

شکل ۳-۳: حجم مولی فزونی برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۵۹

شکل ۳-۴: حجم مولی فزونی برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی مربوط به مرجع (۶۴) و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر(دراین پروژه)..... ۵۹

شکل ۳-۵: ضریب انبساط حرارتی فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) +۱-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۰

شکل ۳-۶: ضریب انبساط حرارتی فزونی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، و ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۰

شکل ۳-۷: ضریب انبساط حرارتی فزونی برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، و

۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۱

شکل ۳-۸: تغییرات آنتالپی مولی فزونی با فشار در دما و کسر مولی ثابت برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، و ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۱

شکل ۳-۹: تغییرات آنتالپی مولی فزونی با فشار در دما و کسر مولی ثابت برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، و ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۲

شکل ۳-۱۰: تغییرات آنتالپی مولی فزونی با فشار در دما و کسر مولی ثابت برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، و ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۲

شکل ۳-۱۱: انحراف ویسکوزیته برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) +۱-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۳

شکل ۳-۱۲: انحراف ویسکوزیته برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) +۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۳

شکل ۳-۱۳: انحراف ویسکوزیته برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، ۳۲۳/۱۵ K(○)، ۳۲۳/۱۵ K(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۴

شکل ۳-۱۴: انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دماهای ۲۹۳/۱۵ K (■)، ۳۰۳/۱۵ K (□)، ۳۱۳/۱۵ K (●)، K

۳۲۳/۱۵(○)، و K ۳۲۳/۱۵(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۴

شکل ۳-۱۵: انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی برای مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای K ۲۹۳/۱۵ (■)، K ۳۰۳/۱۵ (□)، K ۳۱۳/۱۵ (●)، K ۳۲۳/۱۵(○)، و K ۳۲۳/۱۵(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۵

شکل ۳-۱۶: انحراف انرژی آزاد گیبس فزونی فعالسازی برای مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دماهای K ۲۹۳/۱۵ (■)، K ۳۰۳/۱۵ (□)، K ۳۱۳/۱۵ (●)، K ۳۲۳/۱۵(○)، و K ۳۲۳/۱۵(▲). نقاط نشان دهنده مقادیر تجربی و خطوط نشان دهنده مقادیر به‌دست آمده از معادله ردلیچ-کیستر..... ۶۵

شکل ۳-۱۷: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزیی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول(x_2) در دمای K ۲۹۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^*..... ۶۹

شکل ۳-۱۸: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۰۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^*..... ۶۹

شکل ۳-۱۹: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول(x_2) در دمای K ۳۱۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۰

شکل ۳-۲۰: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1)+۱-پروپانول(x_2) در دمای K ۳۲۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۰

شکل ۳-۲۱: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۱-پروپانول(x_2) در دمای K ۳۳۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۱

شکل ۳-۲۲: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۲۹۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۱

شکل ۳-۲۳: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۰۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۲

شکل ۳-۲۴: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۱۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۲

شکل ۳-۲۵: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول(x_2) در دمای K ۳۲۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۳

شکل ۳-۲۶: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی مایع یونی (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۳۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۳

شکل ۳-۲۷: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول(x_2) در دمای K ۲۹۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۴

شکل ۳-۲۸: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۰۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۴

شکل ۳-۲۹: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۱۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۵

شکل ۳-۳۰: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۲۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۵

شکل ۳-۳۱: حجم مولی فزونی مخلوط دوجزئی ۱-پروپانول (x_1) + ۲-پروپانول (x_2) در دمای K ۳۳۳/۱۵، نقـاط نشان دهنده نتایج تجربی، (___) حجم مولی فزونی محاسبه شده با استفاده از نظریه PFP، (....) سهم برهم‌کنش، (_ _) سهم حجم آزاد و (-.-.-) سهمp^* ۷۶

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۴-۱: انواع برهم‌کنش‌های هیدروژنی موجود بین مخلوط دوجزئی مایع یونی و الکل‌ها.....۹۴

فشار جزئی جزء i در مخلوط	p_i
فشار بخار مایع خالص جزء i	p_i^*
کسرمولی جزء i	x_i
آنتروپی	S (J. K^{-1})
آنتالپی	H (J)
انرژی آزاد گیبس	G (J)
پتانسیل شیمیایی	μ (J. mol^{-1})
پتانسیل شیمیایی استاندارد	μ° (J. mol^{-1})
فعالیت	a
ضریب فعالیت	γ
ثابت گازها	R (J. K^{-1}.mol^{-1})
ثابت بولتزمن	k (J. K^{-1})
ثابت پلانک	h (J.s)
عدد آواوگادرو	N_A
جرم مولکولی	M
حجم	V (m^3)
کمیت‌های مولی ظاهری	Y_ϕ
کمیت‌های مولی جزئی	$\bar{Y}_i$
کار	w (J)
نیرو	f (N)
فشار برشی	p

دانسیته	ρ (Kg. m^3)
پارامتر تنظیم‌پذیر معادله ردلیچ-کیستر	A
پارامتر وابسته به نوع مخلوط در معادله ردلیچ-کیستر	B_{ij}
انحراف استاندارد	σ
تعداد سایت‌های برهم‌کنش درون مولکولی در نظریه فلوری	s
ثابت انرژی برهم‌کنش بین سایت‌های همسایه در نظریه فلوری	η
ثابت سرعت واکنش	k
پارامتر برهم‌کنش در نظریه PFP	χ_{AB}
کسر حجمی کره سخت	φ_i
کسر سطحی مولکولی	θ_i
نسبت قدرت پیوندی بین بخش‌های مجاور	Ψ_i
حجم کاهش یافته	V^*
فشار کاهش یافته	p^*
طول پویش آزاد متوسط	λ
انرژی فعال‌سازی مولی	ΔG^* (J. mol^{-1})
ضریب انبساط گرمایی	α (K^{-1})
ضریب تراکم‌پذیری همدما	κ (Pa^{-1})
تغییرات آنتالپی مولی فزونی با فشار در دما و ترکیب درصدثابت	$(\partial H_m^E/\partial p)_{T,x}$ (J. MPa^{-1}. Mol^{-1})