دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

موضوع:

اندازه گیری خواص ترمودینامیکی و ارائه مدل ترمودینامیکی برای محلول ها ی پلیمری پلی وینیل پیرولیدن در آب و اتانول

استاد راهنما:

دکتر مجید تقی زاده مازندرانی

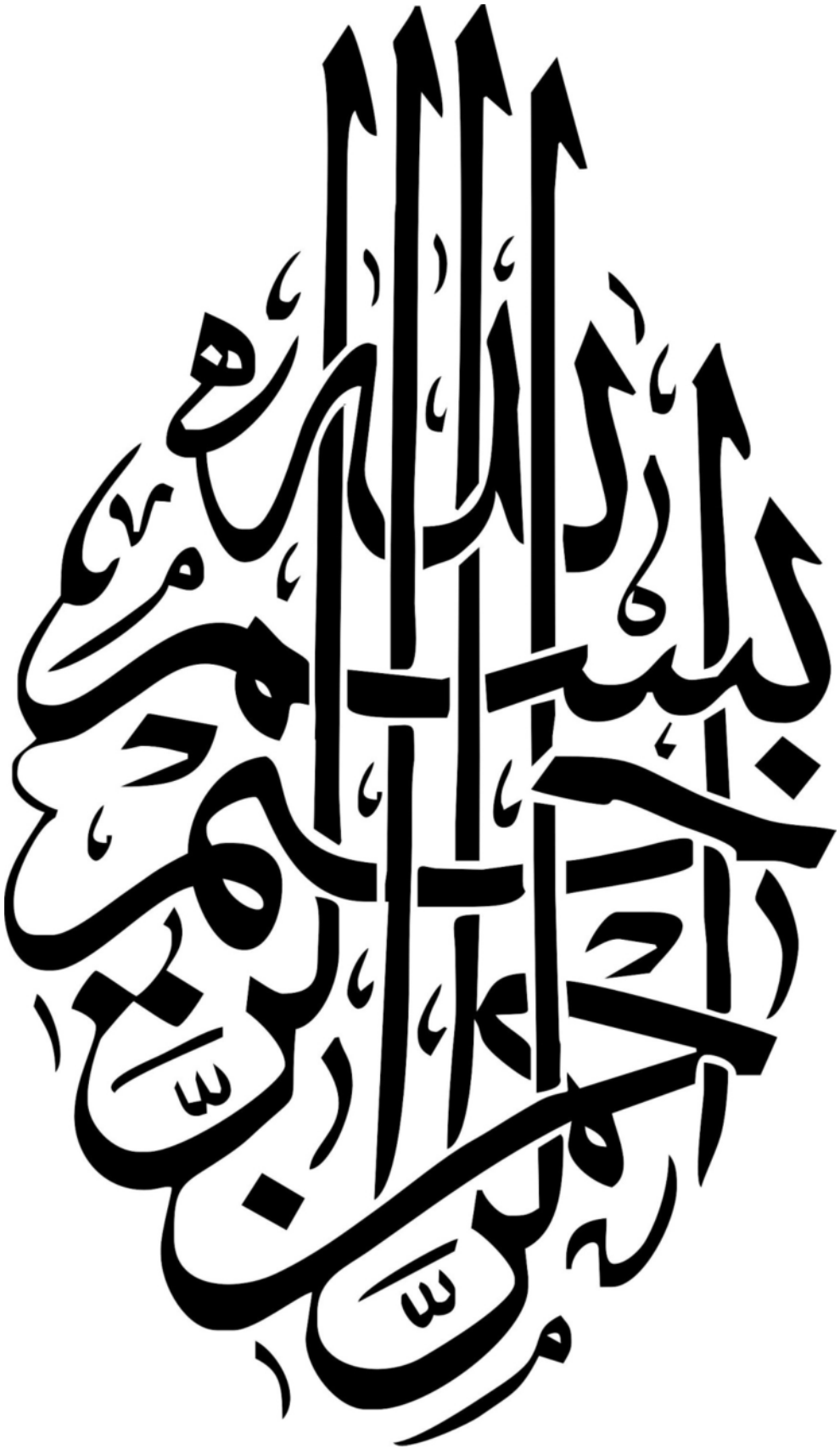
استاد مشاور:

دکتر علی الیاسی

نام دانشجو:

سمانه السادات شباهنگ

شهریور ماه ۱۳۹۰


بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

موضوع:

اندازه گیری خواص ترمودینامیکی و ارائه مدل ترمودینامیکی برای محلول ها ی پلیمری پلی وینیل پیرولیدن در آب و اتانول

استاد راهنما:

دکتر مجید تقی زاده مازندرانی

استاد مشاور:

دکتر علی الیاسی

اساتید داور:

دکتر کامیار موقرنژاد

دکتر غلامرضا باکری

نام دانشجو:

سمانه السادات شباهنگ

شهریور ماه ۱۳۹۰

با تشکر وسپاس فراوان از زحمات و راهنمایی های اساتید بزرگوارم

جناب دکتر تقی زاده و دکتر الیاسی

که در تمام انجام این پروژه از هیچ کمک و راهنمایی دریغ ننموده اند

همچنین از دانشجویان محترم آزمایشگاه کنترل فرایند بالاخص آقای **مهندس احمدپور**

و کلیه دوستان عزیزم که همواره همراه و یاور من بودند سپاسگزارم

خداوند بزرگ را سپاس می گویم که توفیق داد در طول تحصیل در بخش مهندسی شیمی از خدمت اساتید بزرگوار این بخش بهره ببرم.

بدین وسیله مراتب سپاس و امتنان خود را از حضور همه اساتید محترم گروه ابراز می دارم. از همه مسئولین و کارکنان دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، به نوعی در انجام این پروژه یاریم نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

با خضوع فراوان تقدیم

به **پدرم**، که بزرگی رنج هایش را می شناسم و می دانم که توان جبران ذره ای از فداکاری هایش را نخواهم داشت.

به **مادرم**، که به من خواندن و نوشتن آموخت، چگونه بودن و چگونه دوست داشتن را.

به **همسرم**، آینه صداقت و محبت که در بلندترین قله فریاد احتیاجم ودر بیرحم ترین دمهای سرد ناامیدی و بی پناهیم فریاد رس من است

و به فرزندم، رضا جان

چکیده

ارتباط کشش سطحی ، جرم حجمی، ویسکوزیته و اکتیویته محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (PVP) در آب و اتانول در غلظت ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳و ۰/۴۵ در محدوده دمایی ۲۹۳/۱۵-۳۲۸/۱۵ کلوین مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. برای محلول های فوق کشش سطحی محلول به صورت معادله درجه اول با درصد وزنی در دمای ثابت و همچنین جرم حجمی محلول به صورت معادله درجه دوم با درصد وزنی در دمای ثابت و به صورت معادله درجه دوم با دما بر حسب کلوین در غلظت پلیمر ثابت و همچنین ویسکوزیته محلول به صورت معادله درجه سوم با درصد وزنی در دمای ثابت و به صورت معادله نمایی با دما بر حسب کلوین در درصد وزنی پلیمر تطابق دارد، که با استفاده از اطلاعات آزمایشگاهی موجود ثوابت این معادله محاسبه گردید. اکتیویته یکی از مهمترین خواص ترمودینایکی مخلوط ها است که با معلوم بودن آن، بسیاری از خواص ترمودینامیکی قابل محاسبه است. در این پروژه مدلی بر اساس تئوری آیرینگ برای پیش بینی اکتیویته حلال در مخلوط های پلیمری ارائه شده است. ضرایب این مدل صرفا با استفاده از داده های ویسکوزیته و جرم حجمی مخلوط محاسبه می گردد و به داده های دیگر نیازی نمی باشد. نتایج نشان می دهد که در محدوده ای از غلظت که داده های تجربی اکتیویته موجود است، مدل از دقت خوبی برخوردار است. توانایی این مدل برای محلول های پلی وینیل پیرولیدن در آب و اتانول با جرم مولکولی ۱۰۰۰۰، ۲۵۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰ و ۳۶۰۰۰۰ در دماها و غلظت های مختلف بررسی گردید و نتایج بدست آمده با نتایج تجربی مورد مقایسه قرار گرفته است. داده های ویسکوزیته، جرم حجمی، اکتیویته و کشش سطحی محلول های پلی وینیل پیرولیدن در آب و اتانول از طریق آزمایش تعیین و گزارش گردید. و همچنین بر اساس تئوری فلوری-هاگینز مدلی برای کشش سطحی محلول ارائه گردید که تطابق خوبی با نتایج تجربی دارد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: پلی وینیل پیرولیدن، خواص و کاربردها	۱
۱-۱-مقدمه	۲
۱-۲-خصوصیات پلی وینیل پیرولیدن	۲
۱-۳-انحلال پذیری مواد در آب	۵
فصل دوم:مدل های ترمودینامیکی برای محلول های پلیمری	۶
۲-۱- مدل های ترمودینامیکی	۷
۲-۲-معادله ویلسون	۷
۲-۳-معادله NRTL	۸
۲-۴-معادله UNIQUAC	۹
۲-۵-مدل Eyring	۱۵
۲-۶- نظریه معادله انتگرال	۱۶
۲-۷- مدل گروه های سهیم پنگ رابینسون	۱۷
۲-۸-مدل فلوری-هاگینز	۱۷
۲-۸-۲-تغییر در انرژی گیبس در هنگام حل شدن پلیمرها	۱۸
۲-۸-۳- مزیت وضعف تئوری محلول های پلیمری	۱۹
۲-۹- مدل UNIFAC	۱۹
۲-۱۰- مدل جرم حجمی	۲۲
۲-۱۱-مدل کشش سطحی	۲۳

فصل سوم: روشهای اندا زه گیری ویسکوزیته ،جرم حجمی، کشش سطحی و اکتیویته ۳۳
۳-۱-تعریف ویسکوزیته ۳۴
۳-۲-خصوصیات دستگاه و روش کار ۳۷
۳-۲-۱- روش بدست آوردن مقدار ویسکوزیته ۳۸
۳-۲-۲- عیب یابی دستگاه ۳۹
۳-۲-۳- کار با دستگاه ویسکومتر ۴۰
۳-۳-ویسکومترآبل هود ۴۱
۳-۴-جرم حجمی ۴۲
۳-۴-۱-روش کار با دستگاه پیکنومتر ۴۳
۳-۵- کشش سطحی ۴۴
۳-۵-۱- اندازه گیری ضریب کشش سطحی مایعات ۴۶
۳-۵-۲-شرح دستگاه ۴۸
۳-۵-۳- روش آزمایش ۴۹
۳-۵-۴- کالیبراسیون دستگاه ۵۰
۳-۶- اکتیویته ۵۱
۳-۶-۲- کالیبراسیون دستگاه اسمومتر ۵۲

فصل چهارم: نتایج آزمایشگاهی و ارائه معادله ریاضی ۵۴
۴-۱- مواد مصرفی ۵۵
۴-۱-۱- تهیه محلول ها ۵۵
۴-۲-ارائه رابطه ریاضی ۵۵
۴-۲-۱- ارئه رابطه ریاضی جرم حجمی ۵۵
۴-۲-۲-جداول جرم حجمی ۵۶

۴-۲-۳- نمودار های جرم حجمی ۶۲

۴-۳-۱-ارائه رابطه ریاضی کشش سطحی ۶۶

۴-۳-۲- جداول کشش سطحی ۶۷

۴-۳-۳- نمودارهای کشش سطحی ۷۲

۴-۴-۱- ارائه رابطه ریاضی ویسکوزیته ۷۸

۴-۴-۲- جداول ویسکوزیته ۷۹

۴-۴-۳- نمودارهای ویسکوزیته ۸۴

فصل پنجم: ارائه مدل کشش سطحی و اکتیویته ۸۸

۵-۱-مدل ارائه شده برای کشش سطحی ۸۹

۵-۱-۱- روابط ترمودینامیکی ۸۹

۵-۱-۲- جداول کشش سطحی ۹۱

۵-۱-۳- نمودار های کشش سطحی ۹۲

۵-۲- مدل ارائه شده برای اکتیویته ۹۹

۵-۲-۱-روابط ترمودینامیکی مدل اکتیویته ۹۹

۵-۲-۲- جداول اکتیویته ۱۰۲

۵-۲-۳- نمودار های اکتیویته ۱۰۵

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۰۸

نتیجه گیری ۱۰۹

پیشنهادات ۱۱۰

منابع ۱۱۱

پیوست ها ۱۱۴

پیوست۱- جرم حجمی، کشش سطحی و ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن خالص (PVP-K15) در دماهای مختلف در حلال آب و اتانول ۱۱۵

پیوست ۲- جرم حجمی، کشش سطحی و ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن خالص (PVP-K25) در دماهای مختلف در حلال آب و اتانول ۱۱۶

پیوست ۳- جرم حجمی، کشش سطحی و ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن خالص (PVP-K30) در دماهای مختلف در حلال آب و اتانول ۱۱۷

پیوست ۴- جرم حجمی وکشش سطحی اتانول در دماهای مختلف ۱۱۸

پیوست ۵- جرم حجمی،کشش سطحی و ویسکوزیته آب مقطر در دماهای مختلف ۱۱۹

پیوست ۶- برنامهMATLAB جهت محاسبه مشتق انرژی گیبس ۱۲۰

پیوست ۷- برنامه MATLAB جهت محاسبه مدل اکتیویته ۱۲۱

پیوست -۸ -برنامه MATLAB جهت محاسبه مدل کشش سطحی ۱۲۲

پیوست ۹- جدول پارامترهای سطح وحجم زیر گروه UNIFAC- VLE ۱۲۳

Abstract ۱۳۰

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۱ – ۱-ترکیب پلیمر پلی وینیل پیرولیدن ۲

شکل ۲-۱- وابستگی کشش سطحی مایعات به دما ۲۵

شکل ۲-۲-منحنی کشش سطحی نوعی بر حسب غلظت برای محلول های آبی ۳۱

شکل ۳-۱-نمایی از دستگاه ویسکومتر ۴۰

شکل ۳-۲-شمای کلی دستگاه ویسکومتر ۴۰

شکل ۳-۳- نمایی از ویسکومتر آبل هود ۴۲

شکل ۳-۴- نمایی از پیکنومتر ۴۳

شکل ۳-۵-شمای کلی دستگاه تانسیومتر ۴۹

شکل ۴-۱-مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ◆، w =۰/۱؛ ▲ ، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ■ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴) ۶۲

شکل۴-۲- مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ◆، w =۰/۱؛ ▲ ، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ■ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۳

شکل ۴-۳– مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K25) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ◆ ، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ▲ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۳

شکل۴-۴ – مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K25) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ◆، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ▲ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۴

شکل ۴-۵– مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ◆، w =۰/۱؛ ▲ ، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ■ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۴

شکل ۴-۶– مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ◆، w =۰/۱؛ ▲ ، w = ۰/۲؛ ● ، w = ۰/۳؛ ■ ، w = ۰/۴۵؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۵

شکل ۴-۷– مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K90) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w = ۰/۰۵ ؛ ▲، w =۰/۱؛ ● ، w = ۰/۲؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۵

شکل ۴-۸– مقادیر تجربی و محاسباتی جرم حجمی پلی وینیل پیرولیدن (K90) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۰۵؛ ▲، w = ۰/۱؛ و ——، معادله (۱-۴). ۶۶

شکل ۴-۹– مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲ ، T = ۲۵؛ ● ، T = ۳۰؛ ◆، T = ۳۵؛ ×، T =۴۰؛ —، T = ۴۵ ، +، T = ۵۰؛ T =۵۵ و ——، معادله (۳-۴). ۷۲

شکل ۴-۱۰– مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲ ، T = ۲۵؛ ● ، T = ۳۰؛ ◆، T = ۳۵؛ ×، T =۴۰؛ —، T = ۴۵ ، +، T = ۵۰؛ T =۵۵ و ——، معادله (۳-۴). ۷۳

شکل ۴-۱۱- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K25) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲، T = ۲۵؛ ●، T = ۳۰؛ ♦، T = ۳۵؛ ×، T= ۴۰؛ —، T = ۴۵؛ +، T = ۵۰؛ و ——، T =۵۵، معادله (۳-۴). ۷۳
شکل ۴-۱۲- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲، T = ۲۵؛ ●، T = ۳۰؛ ♦، T = ۳۵؛ ×، T= ۴۰؛ —، T = ۴۵؛ +، T = ۵۰؛ و ——، T =۵۵، معادله (۳-۴). ۷۴
شکل ۴-۱۳- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲، T = ۲۵؛ ●، T = ۳۰؛ ♦، T = ۳۵؛ ×، T= ۴۰؛ —، T = ۴۵؛ +، T = ۵۰؛ و ——، T =۵۵، معادله (۳-۴). ۷۴
شکل ۴-۱۴- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K90) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، T =۲۰؛ ▲، T = ۲۵؛ ▲، T = ۳۰؛ ♦، T = ۳۵؛ ×، T= ۴۰؛ —، T = ۴۵؛ +، T = ۵۰؛ و ——، T =۵۵، معادله (۳-۴). ۷۵
شکل ۴-۱۵- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w = ۰/۲؛ ●، w = ۰/۳؛ و ——، معادله (۴-۳). ۷۵
شکل ۴-۱۶- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w = ۰/۲؛ ●، w = ۰/۳؛ و ——، معادله (۴-۴). ۷۶
شکل ۴-۱۷- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K25) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w = ۰/۲؛ ●، w = ۰/۳؛ و ——، معادله (۴-۴). ۷۶
شکل ۴-۱۸- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w = ۰/۲؛ ●، w = ۰/۳؛ و ——، معادله (۴-۴). ۷۷
شکل ۴-۱۹- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w = ۰/۲؛و ——، معادله (۴-۴). ۷۷
شکل ۴-۲۰- مقادیر تجربی و محاسباتی کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K90) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۰۵؛ ♦، w = ۰/۱؛و ——، معادله (۴-۴). ۷۸
شکل ۴-۲۱- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K15) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ♦، w =۰/۱؛ ▲، w =۰/۲؛ ■، w =۰/۳, ●، w =۰/۴۵, و ——، معادله (۵-۴). ۸۴
شکل ۴-۲۲- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K15) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ▲، w =۰/۲؛ ♦، w =۰/۳, ●، w =۰/۴۵ و ——، معادله (۵-۴). ۸۵
شکل ۴-۲۳- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K25) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ♦، w =۰/۲؛ ●، w =۰/۳؛ ▲، w =۰/۴۵, و ——، معادله (۵-۴). ۸۵
شکل ۴-۲۴- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K25) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ■، w =۰/۱؛ ♦، w =۰/۲؛ ●، w =۰/۳؛ ▲، w =۰/۴۵, و ——، معادله (۵-۴). ۸۶
شکل ۴-۲۵- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K30) در آب بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ♦، w =۰/۱؛ ▲، w =۰/۲؛ ●، w =۰/۳؛ ■، w =۰/۴۵ و ——، معادله (۵-۴). ۸۶
شکل ۴-۲۶- مقادیر تجربی و محاسباتی ویسکوزیته پلی وینیل پیرولیدن (K30) در اتانول بر حسب دما در غلظت های مختلف پلیمر: ♦، w =۰/۱؛ ▲، w =۰/۲؛ ■، w =۰/۳, ●، w =۰/۴۵ و ——، معادله (۵-۴). ۸۷

شکل۵-۱- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در آب در درصد وزنی ۰/۱ و دماهای مختلف ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۲
شکل۵-۲- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در آب در درصد وزنی ۰/۲ و دماهای مختلف، ■ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۳
شکل۵-۳- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در آب در درصد وزنی ۰/۳ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۳
شکل۵-۴- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در اتانول در درصد وزنی ۰/۱ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۴
شکل۵-۵- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در اتانول در درصد وزنی ۰/۲ و دماهای مختلف، ■ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۴
شکل۵-۶- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در اتانول در درصد وزنی ۰/۳ و دماهای مختلف، ■ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۵
شکل۵-۷- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K25) در آب در درصد وزنی ۰/۱ و دماهای مختلف، ■ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۵
شکل۵-۸- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K25) در آب در درصد وزنی ۰/۲ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۶
شکل۵-۹- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K25) در آب در درصد وزنی ۰/۳ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۶
شکل۵-۱۰- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در آب در درصد وزنی ۰/۱ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۷
شکل۵-۱۱- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در آب در درصد وزنی ۰/۲ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۷
شکل۵-۱۲- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در آب در درصد وزنی ۰/۳ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۸
شکل۵-۱۳- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در اتانول در درصد وزنی ۰/۱ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۸
شکل۵-۱۴- مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در اتانول در درصد وزنی ۰/۲ و دماهای مختلف، ♦ مقدار اندازه گیری شده و ـــ مدل ۹۹
شکل ۵-۱۵- اکتیویته آب درمحلول پلی وینیل پیرولیدون (K15) و آب در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد(♦ مقدار تجربی و – مدل) ۱۰۵
شکل ۵-۱۶- اکتیویته اتانول درمحلول پلی وینیل پیرولیدون (K15) و اتانول در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد(♦ مقدار تجربی و – مدل) ۱۱ ۱۰۵
شکل ۵-۱۷- اکتیویته آب درمحلول پلی وینیل پیرولیدون (K25) و آب در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد(♦ مقدار تجربی و – مدل) ۱۰۶

شکل ۵-۱۸- اکتیویته اتانول درمحلول پلی وینیل پیرولیدون (K25) و اتانول در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد(♦ مقدار تجربی و – مدل) ۱۰۶
شکل ۵-۱۹- اکتیویته آب درمحلول پلی وینیل پیرولیدون (K30) و آب در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد(♦ مقدار تجربی و – مدل ۱۰۷
شکل ۵- ۲۰-اکتیویته اتانول در محلول پلی وینیل پیرولیدون (K30) و اتانول در دمای ۴۵ و ۵۵ درجه سانتیگراد (■ مقدار تجربی– مدل) ۱۰۷

فهرست جدول ها

عنوان صفحه

جدول ۱-۱- ثابت های آب و الکل ۱۱
جدول۳-۱- تعیین مقدار ویسکوزیته ۳۸

جدول۳-۲- مقادیر K در دو دمای مختلف ۵۳
جدول ۴-۱- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k15) در آب در درصد وزنی های مختلف ۵۶
جدول ۴-۲- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k15) در اتانول در درصد وزنی های مختلف ۵۷
جدول ۴-۳- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k25) در آب در درصد وزنی های مختلف ۵۷
جدول ۴-۴- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k25) در اتانول در درصد وزنی های مختلف ۵۷
جدول ۴-۵- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k30) در آب در درصد وزنی های مختلف ۵۸
جدول ۴-۶- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k30) در آتانول در درصد وزنی های مختلف ۵۸
جدول ۴-۷- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k90) در آب در درصد وزنی های مختلف ۵۸
جدول ۴-۸- ضرایب معادله (۱-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k90) در اتانول در درصد وزنی های مختلف ۵۹
جدول۴- ۹- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k15) در آب در دماهای مختلف ۵۹
جدول ۴-۱۰- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k15) در اتانول در دماهای مختلف ۶۰
جدول ۴-۱۱- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k25) در آب در دماهای مختلف ۶۰
جدول ۴-۱۲- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k25) در اتانول در دماهای مختلف ۶۱
جدول ۴-۱۳- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k30) در آب در دماهای مختلف ۶۱
جدول۴-۱۴- ضرایب معادله (۲-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k30) در اتانول در دماهای مختلف ۶۲
جدول ۴- ۱۵- ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k15) در آب در دماهای مختلف ۶۷
جدول ۴-۱۶- ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k15) در اتانول در دماهای مختلف ۶۸

جدول ۴-۱۷- ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(k25) در آب در دماهای مختلف ۶۸
جدول ۴-۱۸- ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K30) در آب در دماهای مختلف ۶۹
جدول ۴-۱۹ - ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K30) در اتانول در دماهای مختلف ۶۹
جدول ۴-۲۰ - ضرایب معادله (۳-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K90) در اتانول در دماهای مختلف ۷۰
جدول ۴- ۲۱- ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K15) درآب در دماهای مختلف ۷۰
جدول ۴- ۲۲- ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K15) در اتانول در دماهای مختلف ۷۱
جدول ۴- ۲۳ - ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K25) در آب در دماهای مختلف ۷۱
جدول ۴- ۲۴ - ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K30) در آب در دماهای مختلف ۷۱
جدول ۴- ۲۵ - ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K30) در اتانول در دماهای مختلف ۷۱
جدول ۴- ۲۶ - ضرایب معادله (۴-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن(K90) در اتانول در دماهای مختلف ۷۲
جدول ۴-۲۷- ضرایب معادله (۵-۴)و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن ۱۰۰۰۰(k15)در آب ۷۹
جدول ۴-۲۸- ضرایب معادله (۵-۴) و خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k15)در اتانول در دماهای مختلف ۷۹
جدول ۴-۲۹- ضرایب معادله (۵-۴) و خطای نسبی و مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k25)درآب در دماهای مختلف ۸۰
جدول ۴-۳۰- ضرایب معادله (۵-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (k25)در اتانول در دماهای مختلف ۸۰
جدول ۴-۳۱- ضرایب معادله (۵-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K30)در آب در دماهای مختلف ۸۰
جدول ۴-۳۲- ضرایب معادله (۵-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K30)در اتانول در دماهای مختلف ۸۱
جدول ۴-۳۳- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K15)در آب در دماهای مختلف ۸۱

جدول ۴-۳۴- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K15)در اتانول در دماهای مختلف ۸۲
جدول ۴-۳۵- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K25)در آب در دماهای مختلف ۸۲
جدول ۴-۳۶- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K25)در اتانول در دماهای مختلف ۸۳
جدول ۴-۳۷- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K30)در آب در دماهای مختلف ۸۳
جدول ۴-۳۸- ضرایب معادله (۶-۴) و میانگین درصد خطای نسبی و میانگین درصد مطلق و ضرایب هم بستگی برای محلول پلی وینیل پیرولیدن (K30)در اتانول در دماهای مختلف ۸۴
جدول۵-۱- میانگین درصد خطای مطلق بین مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در آب در غلظت های مختلف ۹۱
جدول۵-۲- میانگین درصد خطای مطلق بین مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K15) در اتانول در غلظت های مختلف ۹۱
جدول۵-۳- میانگین درصد خطای مطلق بین مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K25) در آب در غلظت های مختلف ۹۲
جدول۵-۴- میانگین درصد خطای مطلق بین مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن (K30) در آب در غلظت های مختلف ۹۲
جدول۵-۵- میانگین درصد خطای مطلق بین مقدار اندازه گیری شده و مدل کشش سطحی پلی وینیل پیرولیدن(K30) در اتانول در غلظت های مختلف ۹۲
جدول۵-۶ - مقدار اندازه گیری شده و مدل اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۲
جدول ۵-۷ - مقدار اندازه گیری شده و مدل اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K15) در دمای ۵۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۲
جدول ۵ -۸- اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K15) و مدل در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۲
جدول ۵ – ۹-اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K15) و مدل در دمای ۵۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۳
جدول ۵ – ۱۰-اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K25) و مدل در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۳
جدول۵-۱۱- اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K25) و مدل در دمای ۵۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۳
جدول۵-۱۲- اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K25) و مدل در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۳
جدول ۵ -۱۳- اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K25) و مدل در دمای ۵۵ °c و درصد خطای مطلق ۱۰۳
جدول ۵ – ۱۴-اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K30) و مدل در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۴
جدول ۵ -۱۵- اکتیویته آب در محلول های آبی پلی وینیل پیرولیدن (K30) و مدل در دمای ۵۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۴
جدول ۵ – ۱۶-اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K30) و مدل در دمای ۴۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۴
جدول ۵ – ۱۷-اکتیویته اتانول در محلول های اتانول پلی وینیل پیرولیدن (K30) و مدل در دمای ۵۵°c و درصد خطای مطلق ۱۰۴

فهرست علایم و اختصارات

آنتالپی	ΔH
سانتی پواز	cP
انرژی گیبس	ΔG
کسر حجمی حلال	φ_1
کسر حجمی پلیمر	φ_2

ثابت گازها	R
دمای مطلق	T
پارامتر بر همکنش قلوری- هاگینز	χ
اکتیویته حلال	a_1
اکتیویته پلیمر	a_2
حجم جزیی حلال	υ_1
حجم جزیی پلیمر	υ_2
انرژی گیبس اضافی	g^E
دمای بحرانی	T_c
فشار بحرانی	P_c
پلی وینیل پیرولیدن	PVP
جزء وزنی i	w_i
جرم مولکولی i	M_i
ضریب اکتیویته جزء i	γ_i
ضریب فوگاسیته	φ_i
پاسکال ثانیه	Ps
جزء جرمی حلال	x_1
جزء جرمی پلیمر	x_2
ویسکوزیته محلول پلیمری	η
اختلاف پتانسیل	Δv
جرم مولکولی حلال	M_s
ثابت کالیبراسیون	K
حجم مولی مخلوط مایع	υ
حجم مولی حلال خالص	υ_1
حجم مولی پلیمر خالص	υ_2