بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم طوبی تاکی پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان مدلسازی ترمودینامیکی حلالیت گازهای اسیدی در محلول های آبی الکترولیت در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/۱۴ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی حق طلب	استاد	
استاد ناظر	دکتر حسن پهلوانزاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر محسن وفایی سفتی	استاد	
استاد ناظر	دکتر فرزانه فیضی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر حسن پهلوانزاده	استاد	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به‌منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده طوبی‌تاکی در رشته مهندسی شیمی- فرآیندهای جداسازی است که در سال ۱۳۸۹در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر علی حق‌طلب از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب طوبی‌تاکی دانشجوی رشته مهندسی شیمی- فرآیندهای جداسازی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: طوبی تاکی

تاریخ و امضا: ۱۳۹۰/۰۲/۱۵

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی : طوبی تاکی

امضاء

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

مدلسازی ترمودینامیکی حلالیت گازهای اسیدی در محلول های الکترولیت

طوبی تاکی

استاد راهنما

دکتر علی حق طلب

اسفند ۱۳۸۹

تشکر و قدردانی

در ابتدا لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر علی حق طلب، استاد راهنمای اینجانب، برای کمک‌های بی‌دریغ ایشان در انجام این پایان نامه تشکر نمایم، همچنین از زحمات پدر و مادر عزیزم که همواره در کلیه‌ی مراحل زندگی مشوق و پشتوانه‌ی اینجانب بوده‌اند قدردانی می‌نمایم. از مساعدت آقایان دکتر مظلومی وکمالی نیز کمال تشکر را دارم.

این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی پالایش وپخش فرآورده‌های نفتی ایران اجرا شده است.

چکیده

تزریق گاز دی‌اکسیدکربن به چاه‌های نفت به عنوان یکی از روش‌های متداول ازدیاد برداشت مورد توجه قرار گرفته است. گاز تزریقی می‌تواند در هر دو فاز نفت و آب سازند حل گردد ولی حلالیت این گاز در محلول‌های آبی الکترولیت از آن جا دارای اهمیت می‌شود که می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای تاثیر منفی در تولید نفت داشته باشد، از این رو موضوع حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول‌های آبی الکترولیت از اهمیت خاصی برخوردار است.

در این تحقیق به مدلسازی ترمودینامیکی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول‌های الکترولیت قوی پرداخته شده است. معادله حالت مکعبی چاه مربعی الکترولیتی (eCSW) حق طلب و مظلومی برای محاسبات تعادلی بخار- مایع در سامانه‌های دی‌اکسیدکربن+ الکترولیت+ آب مورد استفاده قرار گرفته است. محاسبات تعادلی فشار حباب برای سامانه‌های $H_2O+NaCl + CO_2$ ، $H_2O + KCl + CO_2$، $H_2O+ Na_2SO_4+ CO_2$ و چند محلول الکترولیت دیگر انجام گرفت، به‌عنوان مثال مدلسازی برای سامانه حلالیت دی‌اکسیدکربن در محلول الکترولیت کلرید سدیم تا فشار ۴۰۰ بار انجام شده و نتایج خوبی با خطای ۱۳/۹۲٪ به دست آمده است.

پارامترهای برهم‌کنش دوتایی بین آنیون و کاتیون با آب و دی‌اکسیدکربن در حالت‌های مختلف به دست آمده و مناسب‌ترین حالت برای برازش داده‌های حلالیت به کار رفته است.

در ادامه برازش هم‌زمان حلالیت دی‌اکسیدکربن برای دو محلول الکترولیت که دارای آنیون و یا کاتیون مشترک می‌باشند، تکرار گردیده و پارامترهای برهم‌کنش دوتایی بین آنیون و کاتیون با آب و دی‌اکسیدکربن به دست آمده است.

کلمات کلیدی: حلالیت، الکترولیت، دی‌اکسیدکربن، معادله حالت چاه مربعی، تعادل فازی بخار- مایع

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علائم و نشانه‌ها ..... د

فهرست نمودارها ..... و

فهرست جدول‌ها ..... ح

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱مقدمه..... ۲

۱-۲ اهداف و فصول پایان نامه..... ۶

فصل دوم

مرور معادلات حالت الکترولیتی

۲-۱ مقدمه..... ۹

۲-۲ معادلات حالت الکترولیتی ۹

۲-۲-۱ مدل Myers and Sandler ۱۰

۲-۲-۲ مدل Bermejo, Martin, Florusse, Peters and Cocero ۱۲

۲-۲-۳ مدل Radia,Charles and Walter ۱۴

۲-۲-۴ مدل Liu,Wang and Yigui Li ۱۵

۲-۲-۵ مدل Clarke and Bishnoi..... ۱۵

۲-۲-۶ تئوری SAFT..... ۱۶

۲-۲-۶-۱ مدل Ji and Adidharma ۱۷

۲-۲-۶-۲ مدل Tan,Radosz and Adidharma ۱۸

۲-۲-۷ معادله حالت اصلاح یافته پنگ رابینسون ۱۹
۲-۳ مدل‌های ضریب اکتیویته (روش $\varphi - \gamma$) ۲۱
۲-۳-۱ مدل Zhenhao Duan and Sun ۲۱
۲-۳-۲ مدل Z-G (ZUO& GUO)..... ۲۴
۲-۳-۳ مدل Kiepe, Horstmann, Fischer and Gmehling ۲۵

فصل سوم

معادله حالت الکترولیتی چاه مربعی

۳-۱مقدمه..... ۲۷
۳-۲ توصیف دو شکل معادله حالت چاه مربعی حق طلب مظلومی در حالت خالص..... ۲۷
۳-۲-۱ توصیف شکل معادله حالت چاه مربعی مکعبی در حالت خالص..... ۲۹
۳-۲-۲ توصیف شکل درجه ششم معادله حالت چاه مربعی در حالت خالص..... ۳۰
۳-۲-۳ پارامترهای اجزاء خالص معادلات حالت چاه مربعی..... ۳۰
۳-۳ معادله حالت الکترولیتی چاه مربعی..... ۳۱
۳-۳-۱ عبارت غیر الکترولیتی معادله حالتeCSW ۳۲
۳-۳-۲ عبارت MSA معادله حالت eCSW..... ۳۴
۳-۳-۳ **عبارت** Born معادله حالتeCSW..... ۳۵
۳-۳-۴ پارامترهای معادله حالت الکترولیتی چاه مربعی مکعبی برای محلول الکترولیت..... ۳۵
۳-۴ توصیف الگوریتم فشار حباب سامانه سه جزئی آب+ دی‌اکسیدکربن+ الکترولیت (نمک)..... ۳۶

فصل چهارم
نتایج و بحث

۴-۱ مقدمه..... ۳۹

۴-۲ محاسبه‌ی پارامترهای معادله حالت چاه مربعی برای مواد خالص..... ۴۰

۴-۳ محاسبه‌ی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در آب خالص به کمک معادله حالتCSW..... ۴۴

۴-۴ محاسبه‌ی پارامترهای معادله حالت CSW برای الکترولیت‌ها..... ۴۵

۴-۵ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول های الکترولیت..... ۴۷

۴-۵-۱ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت کلرید سدیم..... ۴۹

۴-۵-۲ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت کلرید پتاسیم..... ۵۷

۴-۵-۳ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت سولفات سدیم..... ۶۱

۴-۵-۴ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت کلرید منیزیم..... ۶۵

۴-۵-۵ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت کلرید کلسیم..... ۶۹

۴-۵-۶ حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در محلول آبی الکترولیت سولفات منیزیم..... ۷۲

۴-۶ برازش هم‌زمان حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن برای دو محلول الکترولیت..... ۷۵

۴-۷ جمع‌بندی..... ۷۷

فصل پنجم
نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱نتیجه‌گیری..... ۸۰

۵-۲ پیشنهادها..... ۸۱

پیوست..... ۸۲

مراجع..... ۱۰۳

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علائم اختصاری
انرژی آزاد هلمهولتز مولی (ژول بر مول)	a
انرژی آزاد هلمهولتز کل سیال واقعی و باردار در دما و حجم کل سامانه (ژول)	$A_{V,T}$
انرژی آزاد هلمهولتز مخلوط واقعی بی بار	$A_{V,T}^{EOS}$
انرژی آزاد هلمهولتز	A
تغییرات انرژی آزاد هلمهولتز	ΔA
توزیع عبارت جاذبه با استفاده از قانون اختلاط نامتقارن	a^A
توزیع عبارت جاذبه با استفاده از قانون اختلاط کلاسیک	a^C
پارامتر جاذبه‌ی وان دروالس	a
پارامتر حجم آزاد وان دروالس	b
پارامتر حجم انتقالی	c
ثابت دی الکتریک محلول	D
ثابت دی الکتریک حلال	D_s
بار الکترونی برابر با $۱/۶۰۲۱۹^{*}۱۰^{-۱۹}$ درجه سانتیگراد	e
معادله حالت غیر الکترولیتی	EOS
طول یونی	I
پارامتر برهم‌کنش دو جزئی	$I_{pi}{}^{0}$
پارامتر برهم‌کنش دو جزئی	$I_{pi}{}^{1}$
ثابت بولتزمن برابر با $۱/۳۸۰۶۶^{*}۱۰^{-۲۳}$ ژول بر کلوین	k
پارا متر برهم‌کنش دو جزئی بین دو گونه‌ی j و i	k_{ij}
پارامتر جهت‌گیری	m
تعداد داده ها	n_p
عدد آووگادروو $۶/۰۲۲۰۵^{*}۱۰^{۲۳}$ بر مول	N_A
پارامتر تئوری تقریب متوسط کروی	P_n
ثابت جهانی گازها ۸/۳۱۴ ژول بر مول-کلوین	R
حل شدنی	SOLV
دما (کلوین)	T
حجم (متر مکعب)	V
حجم مولی (متر مکعب بر مول)	υ
حجم بسته‌ی فشرده (متر مکعب بر مول)	υ_0
کسر مولی جزء i	x_i
ماکزیمم عدد کوئوردیناسیون	z
تعداد بار یونی گونه‌ی i	Z_i
پتانسیل شیمیایی گاز دی اکسیدکربن در فاز مایع	$\mu_{CO2}^{l(0)}$

پتانسیل شیمیایی گاز دی اکسیدکربن در فاز بخار	$\mu_{CO2}^{v(0)}$

حروف لاتین

پارامتر غربال تئوری تقریب متوسط کروی	Γ
پارامتر پتانسیل چاه مربعی	λ
عمق پتانسیل چاه مربعی (ژول)	ε
خلا جایز برابر با $۸/۸۵۴۱۹*۱۰^{-۱۲}$	ε_0
ضریب فوگاسیته	φ
ثابت برابر با ۰/۷۴۰۵	$\boldsymbol{\tau}$
پتانسیل شیمیایی (ژول بر مول)	μ
پارامتر اندازه(متر)	σ
طول غربال دیبای	κ
عدد استوکیومتری	υ
پارامتر تئوری تقریب متوسط کروی	Ω
دانسیته مولکولی	ρ

بالانویس

چاه مربعی مکعبی	CSW
تئوری تقریب متوسط کروی	MSA
توزیع برن	Born
برهم‌کنش کلمبوس	Coul
گاز ایده‌آل	IG
توزیع معادله حالت پنگ رابینسون	PR
سامانه مرجع	r
کره سخت	hs
پراکندگی	disp
تجمعی	assoc
برهم‌کنش یونی	ion
دیبای هوکل	DH

زیرنویس

جزء i	i
جزء j	j
جفت دوتایی j و i	ij
فرآیند باردار شدن	chg
فرآیند بی باردار شدن	dis
خواص تجربی	Exp
خواص محاسبه شده	Cal

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار۴-۱ مقایسه داده‌های تجربی و محاسباتی فشار بخار با معادلات حالت چاه مربعی برای دو ماده خالص..... ۴۲

نمودار۴-۲ انحراف دانسیته مایع ماده خالص CO_2 با معادلات حالت چاه مربعی..... ۴۲

نمودار۴-۳ انحراف فشار بخار ماده خالص CO_2 با معادلات حالت چاه مربعی..... ۴۳

نمودار۴-۴ انحراف فشار بخار ماده خالص H_2O با معادلات حالت چاه مربعی..... ۴۳

نمودار۴-۵ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+نمک کلریدسدیم+گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۰/۵۲ مولال نمک NaCl در دماهای متفاوت..... ۵۲

نمودار۴-۶ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز درسامانه آب+نمک کلریدسدیم+گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۱ مولال نمک NaCl در دماهای متفاوت..... ۵۲

نمودار۴-۷ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلریدسدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۲ مولال نمک NaCl در دماهای متفاوت..... ۵۳

نمودار۴-۸ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلریدسدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۲/۵ مولال نمک NaCl در دماهای متفاوت..... ۵۳

نمودار۴-۹ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز درسامانه آب+ نمک کلریدسدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۴ مولال نمکNaCl در دماهای متفاوت..... ۵۴

نمودار۴-۱۰ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلریدسدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در غلظت ۴/۳۴ مولال نمکNaCl در دماهای متفاوت..... ۵۴

نمودار۴-۱۱ مقایسه نتایج محاسبات مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلریدپتاسیم+گاز دی‌اکسیدکربن در دمای ۴۰ °C در غلظت‌های متفاوت نمک..... ۵۹

نمودار۴-۱۲ مقایسه نتایج محاسبات مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلرید پتاسیم+گاز دی‌اکسیدکربن در دمای ۸۰ °C در غلظت های متفاوت نمک..... ۶۰
نمودار۴-۱۳ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن بر حسب دما در سامانه آب+نمک سولفات سدیم+گاز دی‌اکسیدکربن شامل ۰/۲۵ مول نمک..... ۶۳
نمودار۴-۱۴ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه آب+ نمک سولفات سدیم+گاز دی‌اکسیدکربن شامل ۰/۵ مول نمک..... ۶۴
نمودار۴-۱۵ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه آب+ نمک سولفات سدیم+گاز دی‌اکسیدکربن شامل ۱ مول نمک..... ۶۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۲-۱پارامترهای معادله حالت دوئن اتال..... ۲۲

جدول۴-۱پارامترهای برازش شده با دو معادله حالت چاه مربعی با استفاده از داده‌های فشار بخار اشباع و دانسیته مایع مواد خالص..... ۴۱

جدول۴-۲ پارامتر برهم‌کنش دوتایی و درصد خطای آن در حلالیت دی‌اکسیدکربن در آب خالص..... ۴۵

جدول۴-۳ پارامترهای برازش شده الکترولیت‌ها با استفاده از معادله حالت مکعبی چاه مربعی حق طلب و مظلومی..... ۴۶

جدول۴-۴ حالت‌های مورد بررسی در برازش پارامتر برهم‌کنش دوتایی در هر یک از سامانه‌های سه جزئی..... ۴۹

جدول۴-۵ داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلرید سدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در دمای ۴۰°C در غلظت‌های متفاوت نمک..... ۵۰

جدول۴-۶ نتایج حاصل ازبرازش پارامتر برهم‌کنش دوتایی در سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسیدکربن+ کلرید سدیم..... ۵۱

جدول۴-۷ داده‌های تجربی حلالیت گاز در سامانه آب+ نمک کلرید پتاسیم+ گاز دی‌اکسیدکربن در دمای ۴۰°Cدر غلظت‌های متفاوت نمک..... ۵۷

جدول۴-۸ نتایج حاصل از برازش پارامترهای برهم‌کنش دوتایی برای سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسیدکربن+ کلرید پتاسیم..... ۵۸

جدول۴-۹ داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه آب+ نمک سولفات‌سدیم+ گاز دی‌اکسیدکربن شامل ۰/۲۵ مول نمک در هر کیلوگرم آب..... ۶۱

جدول۴-۱۰ نتایج حاصل از برازش پارامترهای برهم‌کنش در سامانه سه جزئی آب+ گاز دی‌اکسیدکربن+ سولفات سدیم.....۶۲
جدول۴-۱۱ داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه شامل آب+ کلرید منیزیم+ دی‌اکسیدکربن در فشار ۱ اتمسفر.....۶۶
جدول۴-۱۲ نتایج حاصل از برازش پارامترهای برهم‌کنش دوتایی در سامانه سه جزئی آب+گازدی‌اکسیدکربن+کلرید منیزیم.....۶۷
جدول۴-۱۳ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه سه جزئی آب+گازدی‌اکسیدکربن+کلرید منیزیم در فشار ۱ اتمسفر.....۶۸
جدول۴-۱۴نتایج حاصل از برازش پارامترهای برهم‌کنش دوتایی در سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسیدکربن+ کلرید کلسیم.....۷۰
جدول۴-۱۵ داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن سامانه شامل آب+ کلرید کلسیم + دی‌اکسیدکربن در فشار ۱ اتمسفر.....۷۱
جدول۴-۱۶مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسیدکربن+ کلرید کلسیم در فشار ۱ اتمسفر.....۷۱
جدول۴-۱۷نتایج حاصل از برازش پارامترهای برهم‌کنش دوتایی در سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسیدکربن+ سولفات منیزیم.....۷۳
جدول۴-۱۸ داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن سامانه شامل آب+ سولفات منیزیم+ دی‌اکسیدکربن در فشار۱ اتمسفر.....۷۴
جدول۴-۱۹ مقایسه نتایج مدل با داده‌های تجربی حلالیت گاز دی‌اکسیدکربن در سامانه سه جزئی آب+ گازدی‌اکسید کربن+ سولفات منیزیم در فشار ۱ اتمسفر.....۷۴
جدول۴-۲۰ نتایج برازش هم‌زمان پارامترهای برهم‌کنش دو جزئی در تعدادی از سامانه‌های سه جزئی.....۷۶

فصل اول

پیشگفتار

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱ مقدمه

استخراج نفت از مخازن طی سه مرحله‌ی برداشت اولیه[۱]، ثانویه[۲] و ثالثیه[۳] انجام می‌پذیرد که در حالت کلی تنها ۳۰ الی ۵۰ درصد نفت در مجموعه برداشت اولیه و ثانویه از مخازن بازیافت می‌گردد، بنابراین باید راهی برای استخراج نفت باقیمانده در نظر گرفته شود. برداشت ثالثیه که با نام‌های EOR[۴] و IOR[۵] هم شناخته می‌شود، در واقع عنوانی است برای فناوری‌های مورد استفاده برای استخراج نفت باقیمانده در مخازن که دارای بازده ۳۰ الی ۶۰ درصد می‌باشد. تزریق گاز به‌عنوان یکی از روش‌های متداول مورد استفاده در EOR می‌باشد. در این روش گاز را تحت فشار بالا به مخزن تزریق می‌کنند که در نتیجه گاز با نفت مخلوط شده و یا در آن حل می‌گردد که به هر حال باعث کاهش ویسکوزیته نفت و راحت‌تر جاری شدن آن می‌شود. امروزه در ایالت متحده آمریکا ۵۰ درصد از روش های EOR با تزریق گاز به مخازن صورت می‌گیرد. گازهای مورد استفاده در این روش دی‌اکسیدکربن، نیتروژن و یا گازهای هیدروکربنی نظیر متان می‌باشند، البته نتایج نشان می‌دهد تزریق گاز دی‌اکسیدکربن که در صنایع نفت به عنوان گاز هدر رفته[۶] وجود دارد به دلیل ارزان بودن و البته برتری‌های دیگر آن نسبت به سایر گازها برای تزریق به مخازن نفت مورد توجه بیشتری قرار گرفته است[۱].

بطور کلی تأثیر تزریق گاز دی‌اکسیدکربن در بازیافت نفت به رفتار فازی مخلوط دی‌اکسیدکربن، نفت خام و آب

1. Primary Recovery
2. Secondary Recovery
3. Tertiary Recovery
4. Enhanced Oil Recovery (EOR)
5. Improved Oil Recovery (IOR)
6. Waste Gas

سازند بستگی دارد. دی‌اکسیدکربن در هر دو فاز نفت و آب حل می‌گردد. آب سازند یا به بیان بهتر محلول آبی الکترولیتی، محلولی شامل آب و نمک‌های معدنی محلول در آن نظیر کلرید سدیم، کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و غیره می‌باشد.

میزان گازی که در محلول آبی می‌باشد می‌تواند افزایش بازیافت نفت را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار دهد زیرا انحلال گاز در محلول آبی خواص فاز هیدروکربن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در رفتار فازی سامانه هیدروکربن و آب شور مؤثر است. حلالیت گازهای اسیدی مانند دی‌اکسیدکربن در فاز آبی تابع دما، فشار و میزان شوری آب است. هرچه فشار بیشتر گردد یا دما کمتر شود حلالیت گاز در فاز آبی بیشتر می‌شود. مطالعات نشان می دهد که حلالیت گاز در آب خالص به طور قابل ملاحظه‌ای میزان نفت تولیدی را کاهش می‌دهد، در صورتی که تنها حضور ۱۵٪ TDS[1] بعنوان املاح در آب این تأثیر منفی را کاهش می‌دهد. با توجه به آن که هرچه TDS آب بیشتر باشد انحلال گاز در فاز آبی کمتر می‌شود پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که هرچه انحلال گاز در فاز آبی کمتر باشد بازده روش تزریق گاز برای ازدیاد بازیافت نفت بیشتر می‌گردد، بنابراین اهمیت بررسی میزان حلالیت گاز در محلول آبی الکترولیت در روش تزریق گاز به‌ویژه در مورد گازی مانند دی‌اکسیدکربن که دارای حلالیت‌پذیری بالا در فاز آبی می‌باشد، پرواضح است که این مهم در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است[۲]. محلول‌های الکترولیت پیچیده‌ترین نوع محلول‌ها در صنایع شیمیایی می‌باشند چراکه در آن ها یون ها به‌عنوان ذراتی باردار حضور داشته و نیروهای الکترواستاتیک میان یون‌ها و میان یون‌ها و مولکول‌های حلال وجود دارند، به طوری که حتی در غلظت‌های پایین از الکترولیت هم نیروهای بین مولکولی به شدت نسبت به سامانه‌های غیر الکترولیت غیر ایده آل می‌باشند، بنابراین باید کلیه‌ی نیروهای بین ذره‌ای در نظر گرفته شوند[۳].

1. Total Dissolved Solid