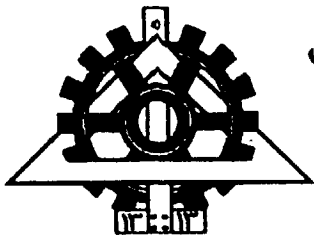


ارز اخلاعات آران علمي ايران  
تيسير آران

به نام خداوند جان و خرد

كزين برتر اندیشه بر نگذرد

۳۷۹۳۴



از مراجعات ایران علی بن  
تیمسیر ایران

۱۳۸۰ / ۸ / ۳۰

دانشگاه تهران  
دانشکده فنی

از مراجعات ایران علی بن  
تیمسیر ایران



ارائه و تحلیل معادله‌های تجربی جدید در پدیده  
پیوند قطره با فصل مشترک فاز همگون و پدیده  
تشکیل بستر قطرات

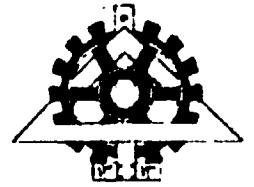
توسط: پریسا خدیو پاریسی

استادان راهنما: دکتر سید محمد علی موسویان و دکتر حسین بهمنیار

014664

۳۷۹۳۴ رساله برای دریافت درجه دکتری  
در  
رشته مهندسی شیمی

شهریور ۱۳۸۰



باسمه تعالی

فرم ارزشیابی رساله دکتری دانشکده فنی

جلسه دفاعیه رساله دکتری خانم پریسا خدیو پاریسی با شماره دانشجویی ۸۱۰۴۷۴۱۵۷ در رشته مهندسی شیمی گرایش مهندسی شیمی در تاریخ ۸۰/۱۶/۲۸ تحت عنوان 'آرانه و تحلیل معادله های تجربی جدید ، در پدیده پیوند قطره با فصل مشترک فاز همگون و پدیده تشکیل بستر قطرات ' با حضور هیات داوران برگزار گردید . پس از گزارش دانشجو و پرسش و پاسخ ارزیابی هیات داوران بشرح زیر است :

قبول با اصلاحات پیوست با درجه

قبول بدون اصلاحات با درجه عالی

غیر قابل قبول

دفاع مجدد پس از انجام اصلاحات پیوست

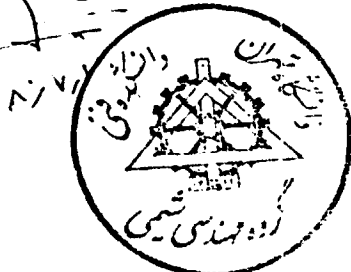
- مشخصات و امضاء هیات داوران

امضاء	مرتبۀ دانشگاهی	نام و نام خانوادگی	
	رئیس - رئیس -	دکتر سید محمد علی موسویان دکتر حسین بهمنیار	۱- استادان راهنما
		---	۲- استاد مشاور ( حسب مورد )
		---	۳- استاد مشاور ( حسب مورد )
	استاد	دکتر طاهره کاغذچی	۴- داور مدعو
	رئیس	دکتر داریوش باستانی	۵- داور مدعو
	رئیس	دکتر گیتی ابوالحمدم	۶- داور داخلی
	رئیس	دکتر محمد حسن پنجه شاهی	۷- داور داخلی
	رئیس	دکتر رحمت ستوده قره باغ	۸- سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه یا نماینده وی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر محمد علی بنی هاشمی  
با سلام . مراتب جهت استحضار و دستور اقدام مقتضی تایید می گردد .

نام و نام خانوادگی مدیر گروه : دکتر عباسعلی خدادادی

امضاء و تاریخ :



آنگونه ترا شناختم ای مزدا ، که از روی خرد به درون اندیشه کردم .

پس دریافتم که تویی خرد کل جهان .

و چون در اندیشه ترا دریافتم ، در سراسر هستی نیز ترا دیدم .

تویی که آغازی و تویی که انجामी .

و تویی که خداوند جان و خرد و سرور راستی هستی .

” اوستا ، بخش گاتاها “



تقدیم به

پدر و مادر بزرگوار و بردبارم

و

برادر ارجمندم

که همواره مرا در تمام مراحل زندگی مورد حمایت‌های بی دریغ و همه  
جانبه خویش قرار داده‌اند.

و تقدیم به همه خواستاران  
عظمت و سربلندی ایران زمین و ایرانیان

## تقدیر و تشکر

نگارنده بر خود بایسته می‌داند که با کمال احترام و خضوع و با سپاس فراوان از توجهات بیکران پروردگار یکتا؛ از استادان خردمند، دانش پژوه و راهنمای این رساله، جناب آقای دکتر سیدمحمدعلی موسویان و جناب آقای دکتر حسین بهمنیار که اینجانب افتخار آنرا داشته است که دانشجوی ایشان گردد و در تمام مراحل انجام پایان‌نامه از راهنمایی‌ها، هدایت‌ها و مشورت‌های علمی، دلسوزانه و راهگشای آنها برخوردار باشد نهایت تشکر و تقدیر را بنماید.

هم‌چنین از همه استادان گرانقدر خویش در طول تحصیل در دوره کارشناسی در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف و دوره کارشناسی ارشد و دکتری در دانشکده فنی دانشگاه تهران، به خاطر زحمات بی‌شائبه و تشویق‌های دلگرم‌کننده و امیدوارانه ایشان، سپاسگزاری و تکریم می‌نماید.

از همدوره‌ای محترم دوران تحصیل، جناب آقای دکتر علی حقیقی‌اصل که اینجانب افتخار همکاری، همفکری و مساعدت ایشان را در طراحی و انجام آزمایش‌های مربوط به ستون استخراج RDC داشته است و همواره از وسعت دید، دانش و تجربه ایشان نهایت بهره را برده است، کمال امتنان و سپاس را می‌نماید.

از جناب آقای مهندس جواد ایوانی مسئول محترم آزمایشگاه شیمی فیزیک که تجهیزات مربوط به اندازه‌گیری کشش بین سطحی را در اختیار آزمایشگاه تحقیقاتی پدیده‌های سطحی و استخراج مایع - مایع قرار داده‌اند، سپاسگزاری می‌گردد.

هم‌چنین از کلیه عزیزان ارجمند دست‌اندرکار در

- بخش امانت، مراجع و مجلات کتابخانه‌های دانشکده فنی، دانشکده علوم و کتابخانه مرکزی دانشگاه تهران، کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر و کتابخانه مرکزی پژوهشگاه صنعت نفت

- کارگاه شیشه‌گری دانشکده فنی دانشگاه تهران؛ جناب آقای یوسفی و جناب آقای حسینی

- بخش تاسیسات دانشکده فنی دانشگاه تهران

- بخش تکثیر و زیراکس دانشکده فنی دانشگاه تهران

- بخش انبار دانشکده فنی دانشگاه تهران ، جناب آقای زینعلی و جناب آقای کریمی

- سرکار خانم فرزانه اسماعیلی که زحمت حروف چینی نهایی متن رساله را به عهده داشته‌اند

و جناب آقای عبدالرحیم محمدی برای کارهای فنی آن،

و همه بزرگوارانی که به نحوی در پیشبرد امر رساله اینجانب نقش داشته‌اند؛ نهایت تشکر و

قدردانی می‌گردد و پایداری ، سربلندی و عزت آنان را از درگاه آفریدگار لایزال خواستار

می‌باشد.

ارائه و تحلیل معادله‌های تجربی جدید در پدیده پیوند قطره با فصل مشترک فاز

همگون و پدیده تشکیل بستر قطرات

توسط: پریسا خدیو پارسى

استادان راهنما: دکتر سیدمحمدعلی موسویان و دکتر حسین بهمنیار

رشته و گرایش تحصیلی: مهندسی شیمی

تاریخ دفاعیه: شهریور ۱۳۸۰

### چکیده رساله دکتری

این پژوهش، به منظور تعیین معادله‌های تحلیلی کارآمدی بر اساس عوامل فیزیکی - شیمیایی و عملیاتی مؤثر بر روی "پدیده پیوند قطره با فصل مشترک فاز همگون" و "پدیده تشکیل بستر قطرات" صورت گرفته است. بنابراین در مرحله نخست، به طراحی و ساخت دستگاه پیوند قطره - فصل مشترک و دستگاه استخراج تماس دهنده - صفحه چرخنده (RDC)، اقدام گردیده است. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های بخش مربوط به پدیده پیوند قطره، حاکی از آن است که:

با افزایش اندازه قطره و یا میزان مسافت طی شده توسط آن برای رسیدن به محل استقرار در روی فصل مشترک، بر مقدار زمان صرف شده برای پیوند قطره افزوده می‌گردد و در حالی که سامانه شیمیایی مورد بررسی از خصوصیت پیوند چند مرحله‌ای برخوردار باشد، افزایش همزمان قطر قطره و مسافت حرکت آن سبب کاهش تعداد مراحل پیوند و سوق دادن آن به سوی وضعیت پیوند یک مرحله‌ای می‌شود. در صورت وجود میزان بالایی از مقدار کشش بین سطحی یا نسبت بالای گرانشی‌های فازهای قطره و پیوسته، پدیده پیوند چند مرحله‌ای به ندرت اتفاق افتاده و یا به هیچ وجه ملاحظه نگردیده است.



وجود نوسان‌های عمودی و افقی قطره و یا ایجاد ضربه‌های ملایم خارجی وارده بر دستگاه آزمایش، باعث پایداری و افزایش عمر آن می‌شود. هم‌چنین، افزودن ماده فعال سطحی به هر یک از سامانه‌ها سبب کاهش چشمگیری در اندازه قطره می‌گردد که این امر به همراه افزایش غلظت ماده فعال، بر میزان زمان پیوند می‌افزاید و از سویی منجر به آغاز پدیده پیوند چند مرحله‌ای در سامانه‌های دارای مقدار متوسط گرانشی فاز قطره، می‌گردد. برای توقف این پدیده، نیاز به افزایش همزمان قطر قطره و غلظت ماده فعال سطحی می‌باشد. با محلول بودن ماده فعال در فاز قطره، اثر آن در افزایش زمان پیوند نمایان تر می‌گردد.

در هنگام استفاده از مخلوط دو گانه‌ای از مواد فعال سطحی، به منظور توقف پیوند چند مرحله‌ای نیاز به افزایش نسبی غلظت یکی از دو ماده فعال سطحی و کاهش قطر قطره می‌باشد. دستاوردهای حاصل از آزمایش در ستون استخراج نیز بیانگر آن است که:

در هنگام فقدان هرگونه فرآیند انتقال جرم؛ جریان فاز پیوسته به عنوان عامل بازدارنده‌ای در برابر ورود قطرات به بستر عمل می‌نماید و تأثیر آن نامحسوس است. افزایش هر یک از متغیرهای جریان حجمی فاز قطره و یا سرعت دوران محور مرکزی دستگاه، سبب افزایش ارتفاع بستر می‌گردد و میزان موجودی متوسط قطرات در داخل بستر تابع مستقیمی از جریان فاز قطره بوده ولیکن با افزودن سرعت دوران محور از میزان آن کاسته می‌شود.

در هنگام رویداد انتقال جرم از فاز قطره به سوی فاز پیوسته، افزایش جریان حجمی فاز پیوسته سبب افزوده شدن بر میزان ارتفاع و موجودی متوسط بستر گردیده، اما باعث کاهش میزان ضریب انتقال جرم قطره و در نتیجه بازده استخراج در منطقه بستر می‌شود. تأثیر جریان فاز قطره بر روی همه موارد فوق الذکر، به صورت افزایشی است.

در نهایت امر، پس از بررسی نتایج آزمایش‌های مذکور و تعیین عوامل بسیار مهم و مؤثر بر پدیده پیوند و پدیده تشکیل بستر قطرات، به تعیین و به دست آوری و پیشنهاد معادله‌های تحلیلی منطبق بر نتایج تجربی اقدام شده است و سپس، با معادله‌های دیگر پژوهشگران مورد

مقایسه و سنجش قرار داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه، بیانگر تطابق خوب و مناسب معادله‌های پیشنهادی با نتایج تجربی و نیز معادله‌های دیگر محققان می‌باشد.

کلید واژه ها: فاز پراکنده، فاز پیوسته، قطره، فصل مشترک، پیوند قطره - فصل

مشترک، پیوند چند مرحله‌ای، تخلیه لایه حایل، ماده فعال سطحی، استخراج مایع - مایع،

ستون استخراج RDC، بستر قطرات، ضریب انتقال جرم

## پیشگفتار

رساله دکتری که اینک در پیش روی اساتید گرامی و پژوهشگران علاقه مند قرار گرفته است، به بررسی علمی جنبه های گوناگون یکی از پدیده های برجسته در دانش مایعات مخلوط ناشونده در یکدیگر، و فن آوری های وابسته به آن پرداخته است که عبارت است از: تأثیر عوامل مختلف فیزیکی - شیمیایی و عملیاتی بر روی پدیده پیوند قطره منفرد بر روی فصل مشترکی از فاز همگون خود، با فاز مایع دوم و ادغام قطرات در هنگام پراکندگی در محیط پیوسته ای از آن فاز، و نحوه عملکرد این پدیده در هنگام تشکیل بستری از قطرات مذکور در قسمت جداسازی فازها در ستون های استخراج مایع - مایع.

بنابراین، پس از اشاره به اهمیت بررسی این زمینه علمی در بخش مقدمه و فصل اول، در فصل های بعدی به ترتیب به نوع دستگاه های طراحی و ساخته شده در این پژوهش، شرح آزمایش ها و مشاهدات حاصل از آن، بحث بر روی نتایج تجربی، ارائه و پیشنهاد معادله های متناسب توسط نگارنده که در برگزیده نتایج هر مجموعه مجزا از آزمایش ها می باشد، پرداخته شده است و در نهایت با نتیجه گیری نهایی و ارائه راهکارها و پیشنهادهایی، بر ادامه روند پژوهش و گسترش آن توصیه و تاکید گردیده است.

در کلیه مراحل پژوهش انجام شده تا حد امکان به بررسی، تحلیل و نقد نقاط مبهم و ناگویای این پدیده و نیز مقایسه نتایج تجربی و معادله های به دست آورده شده از این تحقیق، با نتایج تحقیقات به عمل آمده توسط دیگر پژوهشگران گرامی اهتمام ورزیده شده است تا بدین وسیله گامی در جهت توضیح و تفسیر فیزیکی مبحث با اهمیت "پدیده پیوند قطره" و اعتلاء و بهبود در روش های پژوهشی آن برداشته شده باشد.

آنچه که سبب گردید تا پای در دوره پرفراز و نشیب دکتری نهاده شود و سال های سرشار از شوق و امید بر سر آن بگذرد، ایمان به عظمت کشور عزیز و کهنسال ایران می باشد.

تنها، پشتوانه عنایت و توجه خداوندگار بکتا، سبب گردید که این نگارنده بتواند با پشتکار و دلگرمی از هزارتوی مراحل گوناگون تحقیق بگذرد، هر چند که تا رسیدن به سر منزل نهایی مقصود راهی بس طولانی در پیش است.

امید است که این کوشش در درجه نخست مورد پذیرش ذات توصیف‌ناپذیر پروردگار گشایشگر و پس از آن، مورد قبول اساتید گرامی و صاحب نظر، پژوهشگران بلند همت و دانشجویان سخت کوش واقع گردد و این پژوهنده را از نظرها و راهنمایی‌های ارزنده خویش بهره‌مند سازند، که تا ابد و امدار و مرهون عنایات بزرگ منشانه ایشان خواهد بود.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۴	فصل اول : پدیده پیوند قطره در روی فصل مشترک فاز همگون و در بستر قطرات
۵	۱-۱. پدیده پیوند قطره
۶	۱-۱-۱. گام‌های اصلی در پدیده پیوند قطره
۹	۲-۱-۱. پدیده پیوند چند مرحله‌ای (پاره‌ای) قطره
۱۰	۳-۱-۱. نحوه قرارگیری قطره بر روی فصل مشترک دو فاز
۱۱	۱-۳-۱-۱. معادله‌های ریاضی متداول برای تعیین مدت زمان پیوند قطره
۱۶	۴-۱-۱. عوامل مؤثر بر روی پدیده پیوند قطره
۱۶	۱-۴-۱-۱. اندازه قطر قطره
۱۶	۲-۴-۱-۱. مسافت سقوط یا صعود قطره
۱۷	۳-۴-۱-۱. اختلاف جرم‌های مخصوص دو فاز
۱۷	۴-۴-۱-۱. گرانیروی (ویسکوزیته) فازها
۱۷	۵-۴-۱-۱. کشش بین سطحی فازها
۱۸	۶-۴-۱-۱. درجه حرارت
۱۸	۷-۴-۱-۱. وضعیت انحناى فصل مشترک
۱۸	۸-۴-۱-۱. آثار میدان الکتریکی
۱۹	۹-۴-۱-۱. حضور مواد رسانا (الکترولیت)
۱۹	۱۰-۴-۱-۱. حضور ماده ثالث

۱۹	۱-۱-۴-۱۱. ارتعاش و نوسان
۲۰	۲-۱. پدیده پیوند در بستر قطرات
۲۰	۱-۲-۱. چگونگی تشکیل بستر قطرات
۲۲	۱-۱-۲-۱. بستر کم عمق از قطرات
۲۳	۲-۱-۲-۱. بستر عمیق از قطرات
۲۵	۲-۲-۱. معادله‌های نگره‌ای (تئوریک) و تجربی حاکم بر ارتفاع بستر قطرات
۲۸	۳-۱. اثر مواد فعال سطحی بر روی پدیده پیوند قطره

## ۳۲ فصل دوم: شرح دستگاه‌های ساخته شده و روش انجام آزمایش

۳۳	۱-۲. دستگاه پیوند قطره - فصل مشترک
۳۸	۱-۱-۲. شرح آزمایش‌ها
۳۸	۱-۱-۱-۲. مواد شیمیایی به کار رفته
۴۱	۲-۱-۱-۲. روش انجام آزمایش
۴۷	۲-۲. دستگاه استخراج تماس دهنده - صفحه چرخنده
۵۳	۱-۲-۲. شرح آزمایش‌ها
۵۳	۱-۱-۲-۲. مواد شیمیایی به کار رفته
۵۴	۲-۱-۲-۲. روش انجام آزمایش

## ۵۸ فصل سوم: شرح مشاهدات آزمایش‌ها و بحث بر روی نتایج تجربی

۵۹	۱-۳. نتایج حاصل از آزمایش در دستگاه پیوند قطره - فصل مشترک
۵۹	۱-۱-۳. سامانه‌های شیمیایی دو جزئی و بدون حضور ماده فعال سطحی
۶۷	۲-۱-۳. سامانه‌های شیمیایی دو جزئی با حضور ماده فعال سطحی

۷۴	۳-۱-۳. سامانه شیمیایی با حضور مخلوط دو گانه از مواد فعال سطحی
	۳-۱-۳-۱. مخلوط دو گانه مواد فعال سطحی ۲- هپتانول و سدیم
۷۷	دو دسیل سولفات (S.D.S)
۸۱	۳-۱-۲. مخلوط دو گانه مواد فعال سطحی ۲- هپتانول و ۱- دکانول
۸۴	۳-۲. نتایج حاصل از آزمایش در ستون استخراج RDC
۸۴	۳-۲-۱. سامانه‌های شیمیایی دو جزئی و بدون انجام فرآیند انتقال جرم
	۳-۲-۲. سامانه شیمیایی دو جزئی همراه با فرآیند انتقال جرم جزء سوم
۹۳	( اسید استیک ) در بین فازها
۹۹	فصل چهارم: تعیین معادله‌های تجربی بر اساس نتایج آزمایش‌ها
۱۰۰	۴-۱. روند تعیین روابط تجربی
۱۰۱	۴-۲. دستگاه پیوند قطره - فصل مشترک
۱۰۱	۴-۲-۱. سامانه‌های شیمیایی دو جزئی و بدون حضور ماده فعال سطحی
۱۰۱	۴-۲-۱-۱. معادله زمان مرحله اول پیوند قطره - فصل مشترک
	۴-۲-۱-۲. معادله زمان کل پیوند قطره بر روی فصل مشترک
۱۰۱	( سامانه شیمیایی تولوئن - آب )
۱۰۳	۴-۲-۲. سامانه‌های شیمیایی دو جزئی با حضور ماده فعال سطحی
	۴-۲-۲-۱. معادله زمان مرحله اول پیوند قطره بر روی فصل مشترک
۱۰۴	( ماده فعال سطحی سدیم دو دسیل سولفات )
۱۰۴	۴-۲-۲-۱. معادله زمان کل پیوند قطره بر روی فصل مشترک
	۴-۲-۲-۲. معادله زمان مرحله اول پیوند قطره بر روی فصل مشترک
۱۰۴	( ماده فعال سطحی ۱- دکانول )