



دانشکده شیمی
گروه شیمی فیزیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی فیزیک

عنوان

تعادلات مایع-مایع سیستم های آبی متشکل از پلی اتیلن گلیکول
دی متیل اتر ۲۰۰۰ و تری پتاسیم سترات و دی پتاسیم اگزالات
در دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ °C

استاد راهنما

دکتر محمد تقی زعفرانی معطر

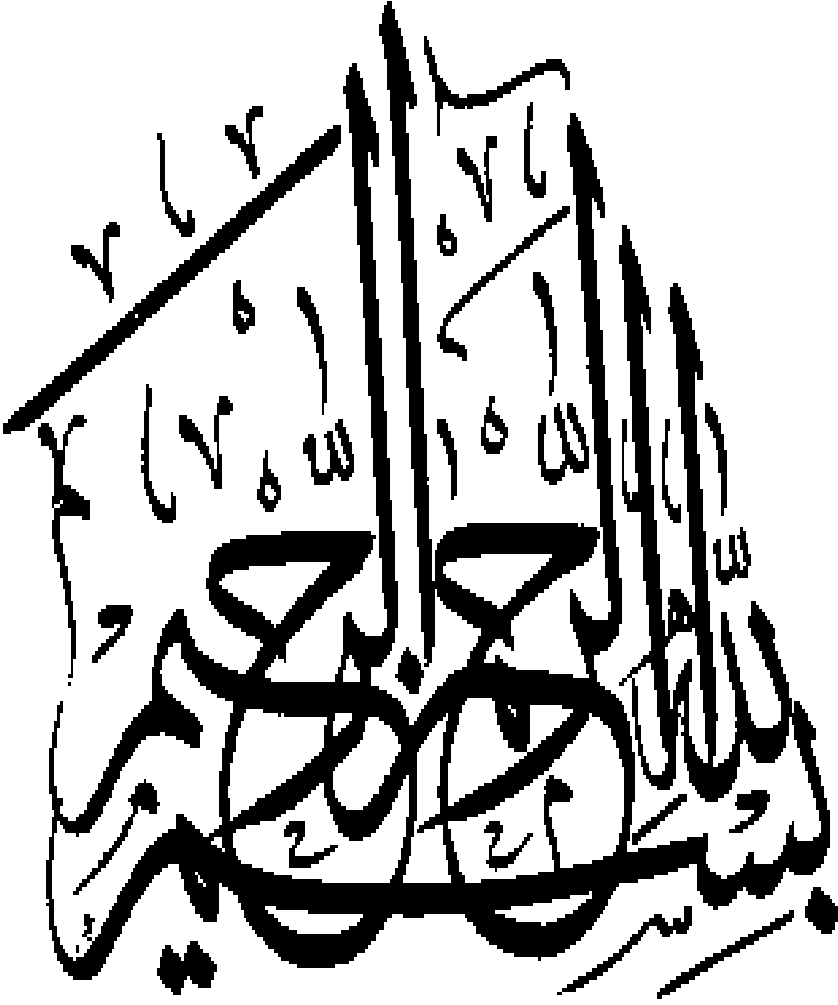
استاد مشاور

دکتر محمد تقی تقی زاده

پژوهشگر

وحید حسین پور هاشمی

بهمن ماه ۱۳۹۰



تقدیم به:

پدر
♦

و

مادر

دلسوز و مهربانم،

نخستین معلمان و راه‌نمایان زندگیم که همواره مدیون و دعاگوی آنها خواهم بود.

و

خواهر و برادر عزیزم

که همواره مشوق و راه‌نمای من بوده‌اند.

باتقدیر و شکر از:

- ❖ استاد راهنمای بزرگوارم، "آقای دکتر محمد تقی زعفرانی معطر"، که زحمت سرپرستی این پایان نامه را بر عهده داشتند و همواره مرا از راهنمایی های ارزشمندشان بهره مند ساختند.
- ❖ استاد گرامی ام، آقای "دکتر محمد تقی تقی زاده"، استاد مشاور این پایان نامه، که در طول پروژه از راهنمایی های ارزنده ایشان برخوردار بودم.
- ❖ استاد برجندم، آقای "دکتر عباس مهر داد"، مدیریت محترم گروه شیمی فیزیک.
- ❖ داور این پایان نامه آقای "دکتر حمایت نکاری"، که زحمت قبول داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند.
- ❖ استاد بزرگوارم، آقای دکتر حبیب اشعشی، که در طول این مدت از محضرات ایشان استفاده نموده ام.
- ❖ جناب آقای "دکتر حسینی" ریاست محترم دانشکده، آقای "دکتر نجار" معاون پژوهشی دانشکده و آقای "دکتر ارسلانی" معاون آموزشی دانشکده.
- ❖ اساتید گرانقدر شیمی فیزیک، شیمی آلی، شیمی تجزیه و شیمی معدنی.
- ❖ دوست عزیز و گرامی ام آقای ابراهیم نعمتی که همواره از راهنمایی ایشان بهره مند شدم. همچنین دوستان و همکاران عزیزم در آزمایشگاه پژوهشی کالری متری: آقایان ایزدی، عبدی زاده و فروش؛ و خانم های سرمد، توحیدی فر، مجدان، اسدزاده، کریمی و جعفری.
- ❖ کلیه دوستان و همکاران تحصیلات تکمیلی و کلیه کارکنان محترم دانشکده شیمی، کادر محترم آموزشی، دبیرخانه، کتابخانه، کامپیوتر، نگهبانی و خدمات دانشکده شیمی.
- ❖ بالاخره با شکر از تمامی دوستانی که به نحوی در به ثمر رسیدن این پروژه همکاری داشته اند.

| | |
|---|--|
| نام خانوادگی: حسین پور هاشمی | نام: وحید |
| عنوان پایان نامه: تعادلات مایع- مایع سیستم های آبی متشکل از پلی اتیلن گلیکول دی متیل اتر ۲۰۰۰ و تری پتاسیم سیترات و دی پتاسیم اگزالات در دماهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ °C | |
| استاد راهنما: آقای دکتر محمد تقی زعفرانی معطر استاد مشاور: آقای دکتر محمد تقی تقی زاده | |
| مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد گرایش: شیمی فیزیک تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۰/۱۱/۱۱ | رشته: شیمی دانشگاه: شیمی تعداد صفحه: ۹۵ |
| کلید واژه: سیستم های دو فازی آبی، تعادل فاز مایع- مایع، پلی اتیلن گلیکول دی متیل اتر ۲۰۰۰، تری پتاسیم سیترات، دی پتاسیم اگزالات | |
| چکیده: <p>داده های تعادل مایع- مایع سیستم های $PEGDME_{2000} + K_3C_6H_5O_7 + H_2O$ و $PEGDME_{2000} + K_2C_2O_4 + H_2O$ در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۵ °C به دست آمد. پارامترهای چندین معادله به صورت یک تابع خطی از دما به فرم $(T - T_0) K$ تغییر داده شد و داده های باینودال با آن معادلات حاصل برازش شد. علاوه براین، از پارامترهای حاصل برای پیش بینی داده های باینودال در دمایی که هیچ سهمی در به دست آوردن پارامترها نداشت استفاده شد. همچنین، مدل باینودال برای بررسی اثر دما بر روی منحنی های باینودال استفاده شد. علاوه بر آن، انرژی آزاد نقطه ابری شدن برای سیستم های مورد مطالعه در این پروژه بر روی پلیمر $PEGDME_{2000}$ محاسبه شد. داده های حاصل نشان می دهد که افزایش آنتروپی نیروی پیش برنده تشکیل سیستم دو فازی آبی در موارد مطالعه شده می باشد. همچنین انرژی آزاد جدایی فازها برای نشان دادن قدرت نمک زدایی نمک های با آنیون های متفاوت مورد استفاده قرار گرفت. به</p> | |

این نتیجه رسیدیم که نتایج در تطابق با نتایج گزارش شده قبلی است و نشان می‌دهد که نمک زدایی بهتر پلیمر PEGDME₂₀₀₀ زمانی مشاهده می‌شود که کاتیون‌ها و آنیون‌های تشکیل دهنده نمک دارای مقادیر انرژی آزاد آبپوشی منفی‌تر باشد و برهمکنشی بین نمک و پلیمر موجود نباشد. اثر نوع پلیمر بر منحنی‌های باینودال بررسی شد و نتیجه گرفته شد که غیرالکتروولیت قطبی قدرت نمک زدایی کمتری دارد و برعکس.

همچنین از معادلات اتمر توبیاس و بنکرافت، سستسچینو، اسموتیک ویریال، NRTL توسعه یافته و NRTL اصلاح شده برای برازش و پیش‌بینی داده‌های خطوط ارتباطی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که تمام معادلات از کارایی مناسبی برخوردار هستند. به خصوص معادله وابسته به دمای سستسچینو که تنها با دو پارامتر توانسته است داده‌های خطوط ارتباطی را برازش نماید. همچنین نتایج نشان داد که توانایی معادله سستسچینو (تنها با دو پارامتر آزاد) در پیش‌بینی داده‌های خطوط ارتباطی در محدوده دمایی ۲۵ تا ۴۵ °C بسیار بهتر از سایر معادلات به کار گرفته شده است.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فصل اول: بررسی منابع

| | |
|--|----|
| ۱-۱-۱- مقدمه..... | ۲ |
| ۲-۱- تعادل های مایع- مایع (LLE)..... | ۴ |
| ۱-۲-۱- محلول های پلیمر..... | ۶ |
| ۲-۲-۱- علت جدایی فاز..... | ۷ |
| ۳-۲-۱- نمودار فاز..... | ۸ |
| ۴-۲-۱- بررسی اثر پارامترهای مؤثر در تشکیل سیستم های دو فازی..... | ۱۰ |
| ۱-۴-۲-۱- اثر دما..... | ۱۰ |
| ۲-۴-۲-۱- اثر جرم مولکولی پلیمر..... | ۱۱ |
| ۳-۴-۲-۱- اثر نمک..... | ۱۲ |
| ۱-۳-۴-۲-۱- اثر آنیون..... | ۱۳ |
| ۲-۳-۴-۲-۱- اثر کاتیون..... | ۱۳ |
| ۴-۴-۲-۱- اثر pH محلول..... | ۱۵ |
| ۵-۲-۱- توزیع بیومولکول ها..... | ۱۶ |
| ۳-۱- مدلسازی..... | ۱۶ |
| ۱-۳-۱- مدل های ارائه شده برای برازش داده های منحنی باینودال..... | ۱۷ |

- ۱۷.....مدل باینودال ۱-۱-۳-۱
- ۲۱.....معادله تجربی مرچاک ۲-۱-۳-۱
- ۲۲.....معادله تجربی گرابر ۳-۱-۳-۱
- ۲۳.....معادله اختصاصی تجربی زعفرانی - نعمتی ۴-۱-۳-۱
- ۲۳.....معادله اختصاصی تجربی فروتن ۵-۱-۳-۱
- ۲۴.....مدلسازی داده های خطوط ارتباطی ۲-۳-۱
- ۲۴.....معادله تجربی اتمر تویاس معادله پتانسیل بن کرافت ۱-۲-۳-۱
- ۲۴.....معادله تجربی ستسچینو ۲-۲-۳-۱
- ۲۷.....معادله اسمزی ویریال ۳-۲-۳-۱
- ۲۸.....مدل های ترکیب موضعی ۴-۲-۳-۱
- ۲۹.....سهم برهمکنش های دوربرد ۱-۴-۲-۳-۱
- ۳۱.....سهم برهمکنشهای کوتاه برد ۲-۴-۲-۳-۱
- ۳۲.....مدل توسعه یافته NRTL ۳-۴-۲-۳-۱
- ۳۵.....مدل اصلاح شده NRTL ۴-۴-۲-۳-۱
- ۳۶.....سهم ترکیبی ۵-۴-۲-۳-۱
- ۳۷.....اهداف ۴-۱

فصل دوم: مواد و روشها

- ۴۰.....مواد مورد استفاده ۱-۲

- ۲-۲- وسایل مورد استفاده برای رسم منحنی باینودال ۴۱
- ۳-۲- روش تجربی تعیین منحنی باینودال ۴۱
- ۴-۲- روش تجربی بدست آوردن خطوط ارتباطی ۴۳
- ۲-۴-۱- تعیین غلظت پلیمر ۴۴
- ۲-۴-۲- تعیین غلظت نمک ۴۵

فصل سوم: نتایج و بحث

- ۱-۳- مقدمه ۴۷
- ۲-۳- داده های تجربی ۴۷
- ۱-۲-۳- نتایج منحنی های باینودال ۴۷
- ۲-۲-۳- بررسی نتایج حاصل از منحنی های باینودال ۵۱
- ۱-۲-۲-۳- اثر دما بر روی نمودارهای فاز ۵۱
- ۲-۲-۲-۳- محاسبه انرژی آزاد نقطه ابری شدن ۵۳
- ۳-۲-۲-۳- اثرنوع نمک ۵۵
- ۴-۲-۲-۳- اثرگروه انتهایی پلیمر ۵۷
- ۳-۲-۳- نتایج خطوط ارتباطی ۵۸
- ۱-۳-۲-۳- اثر دما بر روی خطوط ارتباطی ۵۸
- ۲-۳-۲-۳- محاسبه نقطه پلیت نمودار فاز ۶۵
- ۳-۳- بخش نظری و مدلسازی ۶۷

- ۶۸.....مدل سازی داده های منحنی باینودال.....۱-۳-۳
- ۷۳.....مدل سازی داده های خطوط ارتباطی.....۲-۳-۳
- ۷۴.....مدل سازی با معادله تجربی اتمر توبیاس و معادله پتانسیل بنکرافت.....۱-۲-۳-۳
- ۷۵.....مدل سازی با معادله تجربی ستسچینو.....۲-۲-۳-۳
- ۷۸.....مدل سازی با معادله تجربی اسمزی ویريال.....۳-۲-۳-۳
- ۷۹.....مدل سازی با مدل های ترکیب موضعی.....۴-۲-۳-۳
- ۷۹.....مدل سازی در دماهای مجزا.....۱-۴-۲-۳-۳
- ۸۰.....مدل سازی پیوسته سه دما و پیش بینی دردمای $30.3/15K$۲-۴-۲-۳-۳
- ۸۴.....نتیجه گیری.....
- ۸۶.....پیشنهادات.....
- ۸۷.....منابع و مآخذ.....

فهرست اشکال و نمودارها

| موضوع | صفحه |
|--|------|
| شکل (۱-۱): نمودار فاز راست گوش | ۱۰ |
| شکل (۲-۱): ساختار پلیمرهای PEG و PEGDME | ۳۸ |
| شکل (۱-۲): ابزار مورد استفاده در تعیین منحنی باینودال به روش نقطه ابری | ۴۲ |
| شکل (۱-۳): منحنی باینودال برای سیستم $\text{PEGDME}_{2000} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف | ۵۰ |
| شکل (۲-۳): منحنی باینودال برای سیستم $\text{PEGDME}_{2000} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف | ۵۰ |
| شکل (۳-۳): منحنی باینودال اثر آنیون تشکیل دهنده نمک در دمای $T = 298.15\text{K}$ | ۵۶ |
| شکل (۴-۳): منحنی باینودال برای سیستم های $\text{PEGDME}_{2000} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ و $\text{PEG}_{2000} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دمای $T = 308.15\text{K}$ | ۵۹ |
| شکل (۵-۳): منحنی باینودال برای سیستم های $\text{PEGDME}_{2000} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ و $\text{PEG}_{2000} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دمای $T = 298.15\text{K}$ | ۵۹ |
| شکل (۶-۳): نتایج خطوط ارتباطی سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دمای $T = 298.15\text{K}$ | ۶۲ |
| شکل (۷-۳): نتایج خطوط ارتباطی سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دمای $T = 298.15\text{K}$ | ۶۲ |

شکل (۳-۸): نتایج تجربی داده های خطوط ارتباطی برای سیستم

PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در دو دمای $T = 298.15$ و $T = 318.15$ K ۶۴

شکل (۳-۹): نتایج تجربی داده های خطوط ارتباطی برای سیستم

PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دو دمای $T = 298.15$ و $T = 318.15$ K ۶۴

شکل (۳-۱۰): نقطه پلیت محاسبه شده برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در

دمای $T = 298.15$ K ۶۶

شکل (۳-۱۱): نقطه پلیت محاسبه شده برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دمای

$T = 303.15$ K ۶۷

شکل (۳-۱۲): خطوط ارتباطی تجربی و پیش‌بینی شده بوسیله معادله ستسچینو به صورت تابعی از

دما برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در دمای $T = 303.15$ K ۷۷

شکل (۳-۱۳): خطوط ارتباطی تجربی و پیش‌بینی شده بوسیله معادله ستسچینو به صورت تابعی از

دما برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دمای $T = 303.15$ K ۷۷

فهرست جداول

| موضوع | صفحه |
|---|------|
| جدول (۱-۲) مواد شیمیایی مصرفی و خصوصیات هر کدام از این مواد..... | ۴۰ |
| جدول (۲-۲): ضرایب معادله (۱-۲) در دمای ۲۹۸/۱۵ K..... | ۴۵ |
| جدول (۱-۳): نتایج داده های نمودار باینودال برای سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف..... | ۴۸ |
| جدول (۲-۳): نتایج داده های نمودار باینودال برای سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف..... | ۴۹ |
| جدول (۳-۳): مقادیر حجم مستثنی موثر حاصل از مدل باینودال برای سیستم های پلیمر-نمک-آب در دماهای مختلف..... | ۵۲ |
| جدول (۴-۳): مقادیر داده های انرژی آزاد ، آنتالپی و آنتروپی نقطه ابری شدن برای سیستم $\text{PEGDME}_{2000} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف..... | ۵۴ |
| جدول (۵-۳): نتایج داده های نمودار باینودال برای سیستم $\text{PEG}_{2000} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای $T = (298.15 \text{ and } 318.15) \text{ K}$ | ۵۸ |
| جدول (۶-۳): نتایج داده های خطوط ارتباطی برای سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف..... | ۶۰ |
| جدول (۷-۳): نتایج داده های خطوط ارتباطی برای سیستم $\text{PEGDME} + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ در دماهای مختلف..... | ۶۱ |

جدول (۳-۸): مقدار پارامترهای معادله (۳-۷) و مشخصات نقطه پلیت برای سیستم

۶۶.....مختلف در دماهای مختلف PEGDME₂₀₀₀ + Salt + H₂O

جدول (۳-۹): نتایج حاصل از برازش داده‌های باینودال برای سیستم

۶۹.....مختلف در دماهای مختلف PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O

جدول (۳-۱۰): نتایج حاصل از برازش داده‌های باینودال برای سیستم

۷۰.....مختلف در دماهای مختلف PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O

جدول (۳-۱۱): نتایج حاصل از برازش و پیش بینی داده‌های باینودال با استفاده از معادلات (همه

به صورت تابعی از دما) برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در دماهای

مختلف..... ۷۱

جدول (۳-۱۲): نتایج حاصل از برازش و پیش بینی داده‌های باینودال با استفاده از معادلات (همه

به صورت تابعی از دما) برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دماهای

مختلف..... ۷۲

جدول (۳-۱۳): نتایج حاصل از برازش داده‌های خطوط ارتباطی برای سیستم

PEGDME₂₀₀₀ + salt + H₂O با استفاده از معادلات اتمر توبیاس و بنکرافت در دماهای

مختلف..... ۷۵

جدول (۳-۱۴): نتایج حاصل از برازش داده‌های خطوط ارتباطی برای سیستم

PEGDME₂₀₀₀ + salt + H₂O با استفاده از معادله ستسچینو به عنوان تابعی از دما در دماهای

مختلف..... ۷۶

جدول (۳-۱۵): نتایج حاصل از برازش داده‌های خطوط ارتباطی برای سیستم
PEGDME₂₀₀₀ + salt + H₂O با استفاده از مدل اسمزی ویریال به صورت تابعی از دما در
دماهای مختلف.....۷۸

جدول (۳-۱۶): مقادیر پارامترهای دو تایی مدل های extended NRTL و modified NRTL
برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در دماهای مختلف.....۸۱

جدول (۳-۱۷): مقادیر پارامترهای دو تایی مدل های extended NRTL و modified NRTL
برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دماهای مختلف.....۸۲

جدول (۳-۱۸): پارامترهای مدل های extended NRTL و modified NRTL به صورت تابعی از
دما برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₃C₆H₅O₇ + H₂O در دماهای مختلف.....۸۲

جدول (۳-۱۹): پارامترهای مدل های extended NRTL و modified NRTL به صورت تابعی از
دما برای سیستم PEGDME₂₀₀₀ + K₂C₂O₄ + H₂O در دماهای مختلف.....۸۳

فصل اول

مقدمه

و بررسی

منابع

۱-۱- مقدمه

پیشرفت در بیوشیمی و بیولوژی سلولی عمیقاً به روش های جداسازی مناسب و کارآمد وابسته است. به کلیه روش هایی که طی آن یک ماده را از مخلوط آن جدا می کنند روش های جداسازی می گویند. تقطیر^۱، تبلور^۲، استخراج^۳، تصعید^۴ و کروماتوگرافی^۵ از مهمترین روش های به کارگرفته شده برای جداسازی در اشل آزمایشگاهی می باشد.

از مهمترین روش های استخراج که هم در ابعاد صنعتی و هم در ابعاد آزمایشگاهی به کار گرفته می شود می توان روش استخراج مایع - مایع^۶ را نام برد. این روش به طور کلی شامل مخلوط کردن دو مایع امتزاج ناپذیر در هم، جدا شدن این مخلوط به دو فاز مجزا و در نتیجه بهره گیری از این خاصیت برای جداسازی مخلوط مواد از هم، در این دو فاز مجزا می باشد.

بطور کلی دو نوع سیستم استخراج مایع - مایع وجود دارد که عبارتند از:

(۱) سیستم های دو فاز آبی - آبی

(۲) سیستم های دو فاز آلی - آبی.

سیستم های دو فاز نوع اول نیز خود به چندین صورت وجود دارند: الف) سیستم های دو فاز آبی پلیمر - پلیمر ب) سیستم های دو فاز آبی پلیمر - نمک ج) سیستم های دو فاز آبی نمک - نمک د) سیستم های دو فاز آبی یونی - نمک ه) سیستم های دو فاز آلی - نمک.

از سیستم های دو فاز آبی - آبی برای جداسازی، تغلیظ و خالص سازی پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم ها، سلول ها و دیگر محصولات بیولوژیک استفاده می شود. این سیستم ها بویژه برای جداسازی و خالص سازی پروتئین ها از مواد اولیه مثل عصاره سلول ها و محیط های کشت مهم می باشند، چرا که ذرات و سلول ها در یکی از دو فاز حل شده و جدا می شوند (۱). همچنین این روش

^۱ Distillation

^۲ Crystallization

^۳ Extraction

^۴ Sublimation

^۵ Chromatography

^۶ Liquid-liquid extraction (LLE)

جداسازی در محیط های غیر بیولوژیکی مانند بازیابی ضایعات صنعتی نیز بکار می روند، مانند باز یافت یون های فلزی و مواد شیمیایی پرتوافزا، بازیافت رنگ ها و مواد دارویی (۲).

سیستم های دوفازی آبی نخستین بار، توسط بیجرینک^۱، در سال ۱۹۸۶ معرفی شد. او مشاهده کرد که از اختلاط مقادیر مناسبی آب، آگار و ژلاتین، محلول کدری حاصل می شود که در نهایت به جدایی فاز می انجامد (۳). پنجاه سال بعد توسط دو برای^۲ و بویر- کاونوکی^۳ مطالعات منظمی بر روی زوج های متفاوتی از پلیمرها در محلول های آبی و غیرآبی شامل آنها صورت گرفت. نتایج این آزمایش ها به وضوح نشان داد که امتزاج ناپذیری بین پلیمرها و در نتیجه تشکیل دو فاز با حلال یکسان در این سیستم ها یک پدیده کلی است (۴).

بعد از مدتی آلبرتسون^۴ (۵-۷) این سیستم ها را برای جداسازی سلول های گیاهی بکار برد. کشف آلبرتسون زمینه توسعه این روش را فراهم آورد بطوریکه از آن پس این سیستم ها را برای جداسازی مواد مختلف گیاهی، جانوری، سلول ها، ویروس ها و میکروارگانیسم ها بکار رفته اند.

اگرچه داده های تجربی تعادل مایع- مایع سیستم های آبی پلیمر- پلیمر به طور کامل توسط آلبرتسون (۳) و زاسلاوسکی^۵ (۸) گزارش شده است، ولی تعادل مایع- مایع سیستم های آبی پلیمر- نمک کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. سیستم های دو فازی پلیمر- نمک برای اولین بار در ۱۹۵۰ توسط آلبرتسون مشاهده شده بود اما اصول تئوری آن به خوبی روشن نشده بود (۹).

بوچر و هینی^۶ (۱۰) دریافتند که برای محلول های پلی اتیلن گلیکول (PEG) افزایش برخی نمک های معدنی (سولفات و کربنات) از افزودن بقیه نمک ها در کاهش غلظت بحرانی منحنی نقطه ابری موثرترند. آنانتاپادمانهابان^۷ و گودرد^۸ (۱۰) دریافتند که نمک های معدنی به طور چشمگیری نقطه نقطه ابری PEG را در دماهای بالا کاهش می دهد. وروس^۹ و همکاران (۷) داده های تعادل مایع- مایع را برای سیستم های آبی PEG₁₀₀₀، PEG₂₀₀₀ در حضور Na₂CO₃ و (NH₄)₂SO₄ در دماهای

^۱ Beijerink

^۲ Dobry

^۳ Boyer-Kawnoki

^۴ Albertsson

^۵ Zaslavsky

^۶ Hiny

^۷ Anantapadmanhaban

^۸ Goddard

^۹ Voros

مختلف مورد مطالعه قرار دادند. میشیما^۱ و همکاران (۷) داده‌های تعادل مایع- مایع سیستم آبی PEG را در حضور K_2HPO_4 بررسی نمودند. در آزمایشگاه کالریمتری دانشکده شیمی دانشگاه تبریز زعفرانی و همکاران (۱۱-۲۷) اثر عوامل مختلف بر روی داده‌های تعادل مایع- مایع سیستم های دو فازی آبی را در حضور زوج های مختلفی از پلیمر و نمک مورد بررسی قرار داده‌اند.

۲-۱- تعادل های مایع- مایع (LLE)

تعادلات مایع- مایع یکی از موفق ترین روش‌های آزمایشگاهی و صنعتی جداسازی مواد و به خصوص مواد بیولوژیک است. از آنجایی که سیستم‌های بیولوژیک اغلب از منابعی تهیه می شوند که حجم بسیار بالایی دارند و استفاده از سایر روش های جداسازی مانند کروماتوگرافی، فیلتراسیون و غیره را با مشکل مواجه می کند، سیستم‌های دو فازی اغلب برای تغلیظ و خالص سازی مواد بیولوژیک مورد استفاده قرار گرفته است. در سال های اخیر کاربردهای متفاوتی برای این نوع سیستم ها در منابع علمی گزارش شده است که از جمله آنها می توان تفکیک مونوساکاریدها و پروتئین‌ها (۲۶)، تفکیک پیوسته پروتئین های سیستم‌های دو فازی آبی در مقایسه با سایر روش‌های جداسازی از مزایای زیربرخوردار می باشد (۸۳):

۱- حداکثر مواد تشکیل دهنده فاز در این سیستم‌ها آب است که در حدود (۸۵ تا ۹۰٪) می باشد.

۲- اجزاء تشکیل دهنده فاز نسبت به مواد بیولوژیک بی‌اثر است و حتی پلیمرها باعث پایداری مواد بیولوژیک می شوند.

۳- جداسازی، سریع و انتخابی است.

۴- به راحتی می توان آن را به مقیاس‌های بالا تعمیم داد، که استفاده صنعتی از این سیستم‌ها را ممکن می سازد.

۵- جداسازی را می توان در دمای اتاق انجام داد.

۶- مواد تشکیل دهنده فاز غیر سمی و اشتعال ناپذیرند.

^۱ Mishima

۷- این سیستم‌ها را می‌توان جهت جداسازی یک ماده دلخواه طراحی نمود.

۸- بازده بالا بوده و از لحاظ اقتصادی بسیار به صرفه است.

۹- تهیه سیستم‌های دوفازی آبی بسیار راحت است و معمولاً شامل تهیه محلول‌های مادر از

همه اجزاء فاز می‌باشد که در مقادیر مناسب با هم مخلوط می‌شوند.

سیستم‌های دوفازی PEG - نمک در مقیاس انبوه جهت جداسازی پروتئین‌ها بکار رفته‌اند. این سیستم‌ها به علت اندازه بزرگ قطرات، اختلاف زیاد بین دانسیته فازها، ویسکوزیته پایین‌تر، قیمت کمتر و نهایتاً جداسازی سریعتر از سیستم‌های PEG - دکستران (DEX) کاربرد گسترده تری یافته‌اند (۳).

در ابتدا سیستم‌های PEG - فسفات به دلیل محدوده وسیع pH فسفات و نیز توانایی فسفات در ایجاد سیستم‌های دوفازی آبی بیشترین کاربرد را داشت. پس از آن سیستم‌های حاوی نمک‌های سیترات جهت کاهش اثرات زیست محیطی ابداع شدند. چون سیترات زیست تخریب پذیر است، از این رو، ورود آن به طبیعت از طریق پساب‌های صنعتی نسبت به فسفات آلودگی زیست محیطی زیادی را ایجاد نمی‌کند. (PEG از فاز بالا به خوبی بازیافت و دوباره وارد سیستم می‌شود) (۲۷-۲۹).

در سال ۱۹۹۱ کولا^۱ و همکارانش راه‌های بازیافت فسفات که باعث آلودگی محیط زیست می‌باشد را بررسی نمودند. کولا و همکارانش از سیستم‌های الکل - نمک - آب برای جداسازی نمک‌ها از سیستم‌های دوفازی آبی شامل پلیمر استفاده کردند (۸).

تحقیقات در زمینه سیستم‌های دوفازی آبی به طور وسیعی مورد توجه محققین قرار گرفته است و بطور کلی تحقیقات در زمینه سیستم‌های دوفازی آبی به دو دسته عمده تقسیم می‌شود: یکی تحقیقات بنیادی است که به توضیح مکانیسم مولکولی توزیع ذرات حل‌شونده در سیستم‌های دوفازی آبی و اثر عوامل موثر در آن می‌پردازد و دیگری اجرای عملی تکنیک در جداسازی و تفکیک است.

گائو^۱ و همکارانش (۳۰) اثر وزن مولکولی پلیمر بر روی منحنی باینودال را بررسی کردند. صادقی و همکارانش (۳۱) اثر دما بر روی این سیستم‌ها را مورد بررسی قرار دادند. وزیری و

^۱ Kula