



شرکت  
پژواک پژوه صنعت

دستگاه استخراج مایع - مایع

وب سایت:

<http://www.ppsedu.com>

آدرس

تهران - شهرک صنعتی خاوران-سایت آهنکاران- خیابان چهارم غربی - پلاک آبی ۳۳۱۷

شماره تماس

021-33286250

## بسمه تعالی

### مقدمه:

وقتی جداسازی از طریق تقطیر کارآیی ندارد یا با دشواری روی می دهد، روش استخراج از مایع که یکی از جایگزین های اصلی است، به کار می رود. مخلوط هایی که از اجزا با نقطه جوش نزدیک به هم تشکیل شده اند یا موادی که حتی در شرایط خلا نمی توانند در دمای تقطیر مقاومت کنند، اغلب با استخراج از ناخالصی ها جدا می شوند. در استخراج از تفاوت خواص شیمیایی به جای اختلاف فشار بخار استفاده می شود. جداسازی یک جزء یا چند جزء موجود در یک مخلوط مایع توسط یک حلال مناسب که در حلال اول تقریباً یا بطور کامل نامحلول است، تحت عنوان عملیات جداسازی مایع - مایع شناخته می شود. بدیهی است شرط لازم برای جداسازی اجزاء مورد نظر از مخلوط اولیه، حلالیت بیشتر این اجزاء در حلال مورد استفاده است. این عملیات در مواردی نظیر تولید مایعات آلی خالص از روغن های صنعتی، برای خالص سازی حلال اولیه صورت می گیرد. اگر مواد مورد استخراج در دو فاز بصورت متفاوت پراکنده شوند آنگاه یک جداسازی صورت گرفته است که می توان برای بهبود راندمان عملیات، از تعداد مراحل مختلف و یا جریان برگشتی استفاده نمود.

عملیات جداسازی مایع - مایع بیشتر در مواردی مورد استفاده قرار می گیرد که:

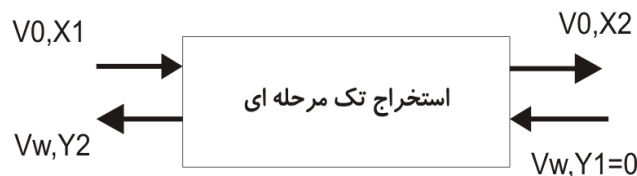
- جداسازی توسط عمل تقطیر به علت تشکیل آزنوتروپ غیر ممکن باشد. مثلاً جداسازی اتانول از آب تشکیل آزنوتروپ می دهد که می توان اتانول را توسط پنتان جداسازی نمود.
- هزینه تقطیر بالا باشد. مثلاً اسید استیک توسط تقطیر به سختی از محلول رقیق آن با آب خالص جدا می گردد، در حالی که توسط عمل استخراج با اتیل استات و سپس تقطیر محلول اسید استیک و اتیل استات جداسازی ارزان تر تمام می شود.
- اجزاء جداسونده به حرارت حساسیت داشته باشند، مثل مواد دارویی و غذایی.
- نمک های معدنی که نقطه جوش بالایی دارند.

هدف از انجام این آزمایش، آشنایی با بخش های مختلف یک سیستم جداسازی مایع-مایع و همچنین بررسی تاثیر متغیرهای عملیاتی نظیر دبی حلال آبی و روغن بر راندمان جداسازی می باشد. تعیین ضریب توزیع و ضریب انتقال جرم در برج آکنده دستگاه از دیگر اهداف این آزمایش می باشد.

### تئوری فرآیند استخراج مایع - مایع:

در انتخاب بین تقطیر و استخراج، معمولاً تقطیر انتخاب می شود، هرچند که تقطیر نیاز به گرمایش دارد. در استخراج، باید حلال را برای استفاده مجدد (معمولاً با تقطیر) بازیابی کرد و عملیات ترکیبی تقطیر - استخراج از عملیات تقطیر معمولی بدون استخراج پیچیده تر و اغلب گران تر است. ولی، در استخراج انعطاف پذیری زیادی برای انتخاب شرایط عملیات وجود

دارد، زیرا نوع و مقدار حلال و همچنین دمای کارکرد را می‌توان تغییر داد. از استخراج برای جداسازی بیش از دو جزء می‌توان استفاده کرد و در بعضی کاربردها به جای یک حلال باید از مخلوط حلال‌ها استفاده شود. در عملیات استخراج مایع - مایع، محلولی که باید جزء از آن استخراج گردد خوراک (اینجا روغن) نامیده می‌شود. مایعی که در تماس با خوراک قرار می‌گیرد و اجزائی از خوراک را در خود حل می‌کند حلال (اینجا حلال آبی) نامیده می‌شود. به حلالی که از جزء استخراج شونده غنی باشد Extract و به مایع باقیمانده که جزء مورد نظر از آن خارج شده است Raffinate گفته می‌شود. جهت تعیین میزان راندمان جداسازی و همچنین تعیین ضریب انتقال جرم از موازنه‌های کلی و جزئی جرم استفاده می‌گردد. بدین منظور شکل زیر را که در آن عملیات جداسازی مایع - مایع بصورت شماتیک نشان داده شده است در نظر بگیرید:



از آنجا که مواد مورد استفاده در این آزمایش عبارتند از:

	جزء جداشونده	حلال	حلال جدا کننده
ماده	اتانول	روغن کانولا	آب (حلال آبی)
نماد	X و Y: غلظت اتانول به ترتیب در فاز آلی و آبی	V <sub>0</sub> : دبی حجمی روغن	V <sub>w</sub> : دبی حجمی آب

لذا تئوری ذکر شده در این بخش نیز با اندیس‌های نشانگر مرتبط با این مواد ارائه می‌گردد. فرض کنید:

۱: اندیس نشانگر بالای برج

۲: اندیس نشانگر پایین برج

با توجه به نکات ذکر شده فوق می‌توان مقدار اتانول جداشده از فاز آلی را بصورت زیر محاسبه نمود:

$$m = V_0 (X_1 - X_2)$$

همچنین مقدار اتانول انتقال یافته به فاز آبی از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$m = V_w (Y_1 - 0)$$

با توجه به رابطه بقای جرم جزء جداشونده خواهیم داشت:

$$V_0(X_1 - X_2) = V_w(Y_1 - 0)$$

همچنین ضریب انتقال جرم در برج آکنده مورد استفاده بصورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$K = \frac{\text{Rate of Acid Transfer}}{\text{Volume of packing} \times \text{Mean Driving Force}}$$

$$\text{Log Mean Driving Force} = \frac{\Delta X_1 - \Delta X_2}{\ln \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2}}$$

در رابطه مربوطه به محاسبه غلظت متوسط لگاریتمی مقدار هر یک از پارامترهای مورد نیاز بصورت زیر قابل محاسبه می باشد:

$\Delta X_1$ : نیروی راننده در بالای برج برابر با  $(X_1 - X_{1s})$  که در آن  $X_{1s}$  غلظت تعادلی جزء جداشونده در فاز آبی است و با استفاده از ضریب توزیع و مقدار غلظت جزء جداشونده در فاز آبی بالای برج قابل محاسبه می باشد.

$\Delta X_2$ : نیروی راننده در پایین برج برابر با  $(X_2 - 0)$

ضریب توزیع جزء جداشونده در عملیات استخراج مایع-مایع بصورت نسبت غلظت جزء جداشونده در فاز آبی  $Y$  به غلظت جزء جداشونده در فاز آلی  $X$  تعریف می شود.

### شرح دستگاه مورد آزمایش:

دستگاه مورد آزمایش جهت بررسی و آشنایی با عملیات استخراج مایع - مایع شامل یک لوله آکنده عمودی است. قسمت های مختلف این دستگاه شامل مخزن اصلی روغن، مخازن بازگشت حلال آبی (که شامل جزء جداشونده می باشند) و تانک آب خوراک و تانک آب برگشتی است. همچنین دستگاه شامل یک برج تقطیر جهت بازیابی اتانول از آب می باشد. برج جداسازی مایع - مایع مورد اشاره برای دو نوع عملیات طراحی گردیده است که در حالت اول روغن کانولا به عنوان فاز پیوسته تمامی برج را پر کرده و سپس حلال جداکننده (آب) وارد برج می گردد و بصورت فاز غیرپیوسته عمل کند. در حالت دوم حلال جداکننده تمامی ستون را پر کرده و سپس روغن کانولا بصورت فاز غیرپیوسته وارد شده و عملیات جداسازی صورت می گیرد. بدیهی است که تفاوت راندمان این دو حالت متأثر از کاهش یا افزایش سطح تماس دو فاز و همچنین کم و یا زیاد بودن مقدار هر یک از فازها می باشد.

مقدار آب و روغن موجود در ستون توسط شیر دو کاره تنظیم می گردد. این شیر با مکانیزمی خاص مقدار سیال خروجی از بالا و پایین برج را تنظیم می کند. مبنای این شیر، سیال آبی است که از بالای برج خارج می شود یعنی در حالت موازی با لوله مسی، مسیر بالای برج کاملاً باز و در حالت عمود بر لوله مسیر خروجی بالای برج کاملاً بسته است. برای مسیر خروجی پایین، شیر کاملاً عکس حالت قبل عمل می نماید، طراحی شیر بدین منظور انجام شده که در هیچ حالتی برج تحت فشار قرار نگیرد که باعث آسیب دیدگی سیستم شود.

توجه داشته باشید که تعیین سطح حلال آبی و روغن در ستون به عهده شیر دوکاره است و نباید سطح حلال آبی در پایین برج از ۲۰ سانتی متر کمتر شود زیرا در غیر اینصورت روغن وارد مخزن آبی می شود.

پمپ حلال و پمپ روغن و هیتر برج تقطیر سوئیچ های جداگانه ای در تابلو دارند که بوسیله آن سوئیچ ها خاموش و یا روشن می گردند. در کنار هر دوزینگ پمپ، شیر کنترل دبی قرار دارد. این شیر از یک کلاhek تشکیل شده که بر روی یک

استوانه عمودی می‌چرخد. با این شیر می‌توان دبی را مشخص نمود. که بهتر است در حالتی که پمپ روشن است این شیر کم و زیاد شود.



نمایی از یک نمونه دستگاه استخراج مایع - مایع

نکته‌ی بسیار مهم: در تمام موارد توجه شود که دستگاه تنها برای موادی که ذکر شد (روغن کانولا یا آفتابگردان، اتانول، آب) قابل استفاده است و در صورت استفاده از هر ماده دیگری، شرکت پژواک پژوه صنعت هیچ مسئولیتی در قبال تعویض دستگاه نخواهد داشت و دستگاه از گارانتی خارج می‌شود.

## آزمایشات:

### آزمایش اول: تعیین ضریب توزیع اتانول در دو فاز آبی و آلی:

همانگونه که در بخش تئوری ذکر گردید، جهت انجام محاسبات مربوط به جداسازی مایع - مایع ضریب توزیع جزء جداشونده مورد نیاز می باشد. بدین منظور قبل از شروع آزمایش این پارامتر برای سیستم آزمایش طراحی شده باید اندازه گیری و محاسبه گردد. بدین منظور انجام مراحل زیر ضروری است:

تجهیزات مورد نیاز:

۱- استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری

۲- استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری

۳- قیف جداکننده

۴- الکل سنج مناسب

مطابق روش زیر حلال (آب) و روغن و اتانول را با هم مخلوط می کنیم. پس از اختلاط کامل، با ثابت ماندن ظرف سربسته مخروطی، مواد تشکیل دو فاز آلی و آبی می دهند. فاز آبی شامل آب و اتانول و فاز آلی روغن و اتانول باقیمانده می باشد. فاز Extract شامل آب (فاز آبی) و اتانول و فاز Raffinate شامل روغن و اتانول می باشد. اکنون می توان با استفاده از الکل سنج مقدار الکل در هر یک از فازها به دست آورد و ضریب توزیع را محاسبه نمود که با رابطه ی زیر نشان داده شده است.

$$K = \frac{\text{Ethanol in the extract phase, } Y}{\text{Ethanol in the raffinate phase, } X}$$

بدین ترتیب ضریب توزیع اسید محاسبه شده و بنابراین  $Y=KX$  می باشد.

### روش انجام آزمایش:

در ابتدا در دمای محیط (۲۵ درجه) با توجه به طول الکل سنج مقداری روغن خالص (حدود ۱۵۰ میلی لیتر) را درون استوانه مدرج بریزید و الکل سنج را درون استوانه قرار دهید. عدد الکل سنج را یادداشت کنید. عموماً این عدد برای روغن کانولا ۵۵ می باشد. به همین ترتیب این کار را برای آب خالص انجام دهید، الکل سنج مقدار صفر را نشان خواهد داد. حال در ادامه ۸۰ میلی لیتر روغن را با ۲۰ میلی لیتر اتانول در استوانه مدرج مخلوط کرده و خوب تکان دهید تا روغن درون اتانول به شکل قطره در بیاید. حال در ادامه ۸۰ میلی لیتر آب به مخلوط اتانول و روغن اضافه کنید و باز خوب تکان دهید تا جداسازی در بهترین حالت انجام شود.

در نهایت مخلوط به دست آمده را در قیف جداکننده بریزید و دو فاز آبی و آلی را در دو استوانه ی ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و با استفاده از الکل سنج میزان الکل در هر دو محلول را اندازه بگیرید.

- مراحل فوق را برای مقادیر دیگر الکل (۳۰ میلی لیتر و ۴۰ میلی لیتر) تکرار کنید.
- نتایج را در جدول زیر یادداشت کنید و با استفاده از رابطه ذکر شده در بخش تئوری مقدار ضریب توزیع را محاسبه و مقدار متوسط ۳ مرحله را گزارش و در محاسبات مورد استفاده قرار دهید.

تعیین ضریب توزیع الکل در فاز آلی و آبی

مقدار الکل افزوده شده به محلول	الکل موجود در فاز آبی (%) Y	الکل موجود در فاز آلی (%) X	ضریب توزیع $K=Y/X$
۲۰			
۴۰			
۶۰			

### آزمایش دوم: کالیبراسیون پمپ و اندازه‌گیری حجم آکنه‌ها :

۱. یک ظرف مدرج یک لیتری را در زیر شیر بالای پمپ (شیری که در مسیر پمپ آب قرار دارد و پشت دستگاه است) قرار دهید و دسته شیر را در جهتی حرکت دهید که حلال از طرف آزاد شیر خارج شود. سپس پمپ حلال را روشن کنید و مقدار سیال خارج شده در زمان معین را اندازه بگیرید. سپس پیچ تنظیم روی پمپ را تغییر دهید و در هر عدد مقدار دبی را تعیین کنید. این اعداد را یادداشت کنید و در آزمایشات بعد استفاده نمایید. این کار را برای پمپ روغن نیز انجام دهید.
- توجه داشته باشید که پیچ تنظیم روی پمپ را فقط زمانی که پمپ روشن است تغییر دهید در غیر اینصورت قابل تغییر نیست.

۲. با استفاده از شیر دو طرفه، روغن را به مخزن هدایت نمایید. سپس مسیر حلال را بسته و برج استخراج را از آب خالص پر نموده، پمپ آب را خاموش و کل آب برج را به دقت در یک سطل مدرج تخلیه نمایید و حجم آن را یادداشت کرده و سپس حجم آکنه‌ها را محاسبه نمایید (قطر داخلی برج 50 mm و ارتفاع برج 1.45 m می باشد).

کالیبراسیون پمپ آب					کالیبراسیون پمپ روغن				
شماره	درصد شیر	زمان (s)	حجم آب (ml)	دبی (L/hrs.)	شماره	درصد شیر	زمان (s)	حجم آب (ml)	دبی (L/hrs.)
1	15				1	15			
2	20				2	20			
3	30				3	30			
4	40				4	40			
5	50				5	50			
6	60				6	60			
7	70				7	70			
8	80				8	80			
9	90				9	90			
10	100				10	100			

## آزمایش سوم: مشاهده جریان مختلف الجهد در یک برج آکنده و نقطه طغیان برج :

سرعت طغیان در برج های پر شده: اگر آهنگ فاز پراکنده یا فاز پیوسته ثابت نگه داشته شود و آهنگ جریان فاز دیگر تدریجا افزایش یابد، به نقطه ای می رسیم که فاز پراکنده متحد می شود، ماندگی آن فاز افزایش می یابد، و سرانجام هر دو فاز با هم از خروجی فاز پیوسته خارج می شوند. این حالت را که مشابه آن در ستون جذب روی می دهد، طغیان می گویند. هرچه آهنگ جریان یکی از فازها در طغیان بیشتر باشد، آهنگ جریان فاز دیگر کمتر است. بدیهی است که ستون باید با آهنگ های جریان کمتر از نقطه طغیان کار کند. آزمایش با استفاده از دو حلال غیر قابل حل در یکدیگر مثل آب و روغن انجام می گردد. در این آزمایش، استخراج در دو حالت فاز پیوسته آبی و فاز پیوسته آلی انجام می گردد. روش انجام آزمایش به شرح زیر می باشد:

### ۱. فاز پیوسته روغن

- ۱۵ لیتر آب را در مخزن اصلی بریزید.
- تانک روغن را با ۱۰ لیتر روغن پر کنید و پمپ آنرا جهت پر شدن کامل ستون آکنده روشن نمایید.
- پس از پر شدن ستون از روغن، دبی آن را تا حد ۳۵ درصد کاهش دهید.
- پمپ آب را روشن و مقدار دبی آن را در ۳۰ درصد تنظیم نمایید.
- بوسیله شیر دو طرفه سطح آب پایین برج را ثابت (حدود ۲۰ سانتیمتر) نگه دارید.
- به آرامی دبی آب را افزایش داده، مشاهدات خود را یادداشت کنید (زمانی که آب به وسط برج برسد، شرایط طغیان است).

مشاهده نقطه طغیان برج

دبی روغن	وضعیت	دبی آب

### ۲. فاز پیوسته آبی

این مرحله نیز مشابه مرحله قبل انجام می شود، با این تفاوت که دبی روغن افزایش می یابد و ستون از آب پر شده است.

مشاهده نقطه طغیان برج

دبی آب	وضعیت	دبی روغن

مشاهدات خود را شامل نحوه حرکت دو فاز، اندازه حباب های ایجاد شده و دبی هایی که در آنها پدیده طغیان رخ می دهد یادداشت کرده و با هم مقایسه کنید.



### آزمایش چهارم: تعیین ضریب انتقال جرم در حالتی که فاز آبی فاز پیوسته باشد:

هدف از انجام این آزمایش، تعیین ضریب انتقال جرم در عملیات استخراج مایع - مایع و بررسی تأثیر دبی حجمی روغن بر مقدار آن می‌باشد.

#### روش انجام آزمایش

- مقدار ۵ لیتر اتانول را به ۵ لیتر روغن اضافه کرده و به خوبی هم بزنید و سپس به مخزن اصلی مربوطه وارد کنید.
- تانک اصلی آب را تا ۱۵ لیتر پر کنید و پمپ را با حداکثر دبی روشن کنید تا ستون از آب پر شود.
- مقدار دبی آب را پس از پر شدن روی ۵۰٪ تنظیم نمایید.
- پمپ روغن را روشن کرده و دبی آنرا در درجه‌های مختلف (۳۰٪، ۵۰٪ و ۷۰٪) تنظیم نمایید.
- بوسیله شیر دوطرفه، سطح آب را در زیر روغن ثابت نگه دارید.
- برای مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه عملیات را ادامه دهید تا شرایط پایدار حاصل گردد. در طی این مدت دبی آب و مخلوط روغن - الکل را چند بار اندازه‌گیری نمایید تا دقت لازم را داشته باشد.
- ۱۵۰ میلی لیتر از Extract Tank و ۱۵۰ میلی لیتر از Raffinate Tank جهت سنجش الکل نمونه‌گیری نمایید.

نتایج را در جدول زیر یادداشت نمایید.

#### نتایج مربوط به آزمایش تعیین ضریب انتقال جرم در حالتی که فاز پیوسته فاز آبی باشد.

مشخصه	آزمایش اول	آزمایش دوم	آزمایش سوم
دبی حجمی آب			
دبی حجمی مخلوط روغن			
درصد اتانول در نمونه خوراک			
درصد اتانول در نمونه Extract			
درصد اتانول در نمونه Raffinate			
ضریب انتقال جرم محاسبه شده			

### آزمایش پنجم: تعیین ضریب انتقال جرم در حالتی که فاز روغن فاز پیوسته باشد:

آزمایش چهارم را در حالتی که فاز پیوسته فاز روغن باشد، در چند مقدار از دبی آب تکرار و نتایج را در جدول زیر یادداشت نمائید. مراحل مطابق آزمایش قبل انجام می‌گردد.

نتایج مربوط به آزمایش تعیین ضریب انتقال جرم در حالتی که فاز پیوسته روغن باشد

مشخصه	آزمایش اول	آزمایش دوم	آزمایش سوم
دبی حجمی آب			
دبی حجمی مخلوط روغن			
غلظت اتانول در نمونه خوراک			
غلظت اتانول در نمونه Extract			
غلظت اتانول در نمونه Raffinate			
ضریب انتقال جرم محاسبه شده			

### تقطیر

#### هدف: بازیافت اتانول

در این مرحله با استفاده از برج پر شده، اتانول بازیافت شده و تا حدی آب و روغن موجود در آن کاهش می‌یابد. در مراحل قبلی، آزمایشات باید با دقت زیادی انجام شده باشد تا روغن کمتری وارد مخزن Extract شده باشد. در صورتی که بخواهید، این مرحله به خوبی نتیجه دهد، باید مخزن Extract را به طور کامل در سطلی تمیز تخلیه و سپس فاز روغن را از آن جدا نمایید. آنگاه با استفاده از شیر V<sub>6</sub> تا ۷۰ درصد استوانه شیشه‌ای زیر برج پر شده که خالی از آکنه است، را از محلول آب و اتانول پر کنید. اکنون هیتر را فعال کرده و دما بر روی ۸۰ درجه تنظیم کرده و هم زمان شیر آب سرد کندانسور را باز نمایید. با استفاده از شیر جریان برگشتی، سعی کنید جریان برگشتی را به مدت ۲۰ دقیقه ثابت نگه دارید. سپس هیتر را خاموش کرده و از محصول و ته مانده برج دو نمونه ۱۰۰ میلی‌لیتری تهیه و میزان الکل آن را با الکل سنج بسنجید. نتایج را یادداشت کرده و سعی کنید تانک محصول را خالی نمایید. دمای هیتر را ۱۰ درجه افزایش دهید و همین کار را تا دمای ۱۰۰ درجه انجام دهید نتایج را یادداشت کنید.

#### آزمایش برج تقطیر

شماره	دمای هیتر (°C)	درصد اتانول در محصول بالای برج	درصد اتانول در ته‌ماند برج
1			
2			
3			

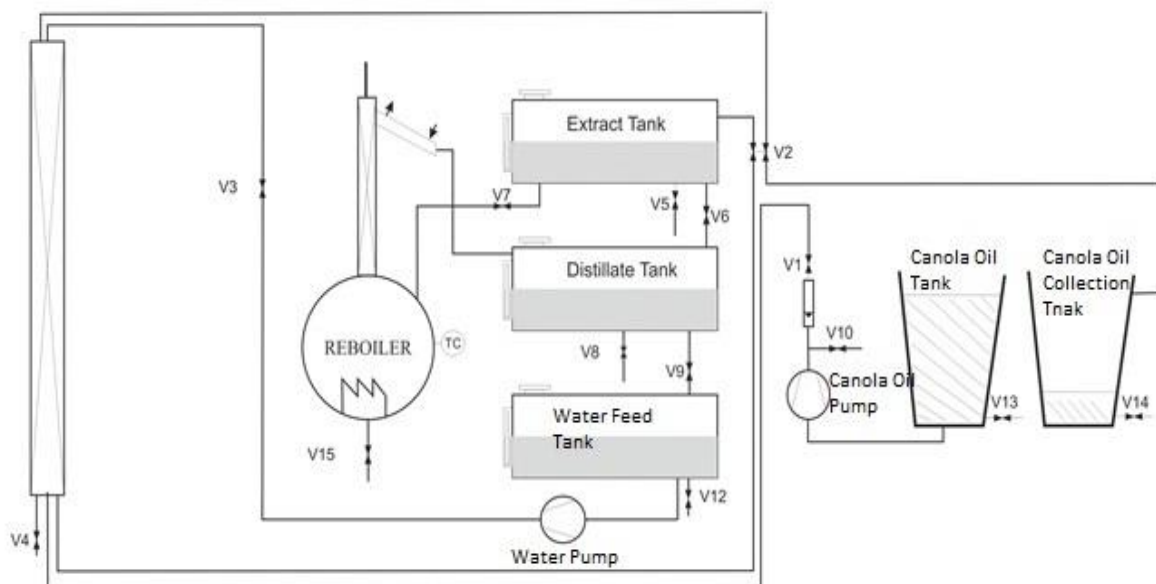
- به روند صعودی یا نزولی بودن درصد اتانول در محصول و ته‌ماند برج دقت کرده و دلیل آن را توضیح دهید.

توجه: نباید انتظار خلوص صددرصدی محصول بالای برج را داشته باشیم. زیرا خالص سازی مطلق و کامل امکان پذیر نیست.

### خواسته های آزمایش های انجام شده:

- ۱- محاسبه و گزارش مقدار ضریب توزیع اتانول با ذکر جزئیات.
- ۲- گزارش مشاهدات در آزمایش دوم و مقایسه جریان مختلف الجهت آب و روغن در دو حالت فاز پیوسته روغن و فاز پیوسته آبی و تعیین مقدار دبی دو سیال در حالت طغیان.
- ۳- محاسبه ضریب انتقال جرم و تعداد واحدهای انتقال برای برج مورد استفاده در آزمایش سوم.
- ۴- مقایسه و توجیه نتایج بدست آمده در دو آزمایش چهارم و پنجم.

### شماتیک دستگاه



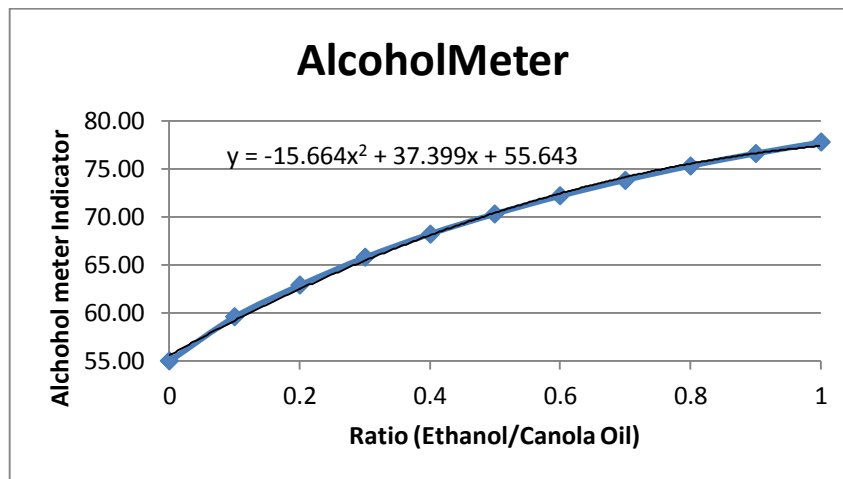
## ضمیمه ۱:

از آنجا که تمام مقایسه‌ها با ابزار الکل سنج انجام شده است، در این بخش توضیحاتی در مورد روش کار آن خواهیم داد. الکل سنج دارای یک سر مخروطی سنگین و یک سر مدرج از صفر تا ۱۰۰ می‌باشد. الکل سنج زمانی که در آب خالص ۲۵ درجه قرار گیرد، عدد صفر و زمانی که در الکل خالص ۲۵ درجه قرار گیرد عدد ۱۰۰ را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری چگالی نسبی کافیت مخلوط را در یک استوانه‌ی مدرج ۲۵۰ میلی لیتری ریخته و بعد از آن الکل سنج را از سر سنگین تر مخروطی وارد مخلوط کرده و پس از ثابت شدن مقدار نشان داده شده می‌توان عدد مربوط به مخلوط را خواند.

چگالی مواد مورد استفاده اتانول، آب و روغن کانولا به ترتیب  $789 \text{ kg/m}^3$ ،  $980 \text{ kg/m}^3$  و  $875 \text{ kg/m}^3$  می‌باشد. با نوشتن یک رابطه‌ی خطی بین عدد روی الکل سنج (X) و چگالی مخلوط (Y) می‌توان در چگالی‌های مختلف عدد روی الکل سنج را به دست آورد. معادله‌ی مربوطه به صورت زیر می‌باشد:

$$y = -1.91x + 980$$

بنابراین برای روغن خالص کانولا ( $875 \text{ kg/m}^3$ ) عدد روی الکل سنج به دست آمده از آزمایش ۵۵ بود. همچنین با استفاده از رابطه‌ی بالا عدد ۵۴/۹۷ به دست می‌آید. که نشان می‌دهد این رابطه‌ی خطی کاملاً درست است. در ادامه برای ۱۰ لیتر مخلوط اتانول - روغن کانولا، نمودار تغییرات نشانگر روی الکل سنج بر حسب نسبت‌های حجمی مختلف (الکل به روغن) در زیر آمده است:



نمودار تغییرات نشانگر روی الکل سنج بر حسب نسبت‌های حجمی اتانول به روغن کانولا

داده‌های مربوط به مقدار حجمی اتانول - روغن در زیر برای توضیح بیشتر آمده است:

Ethanol (Liter)	0	0.90	1.66	2.31	2.86	3.33	3.75	4.12	4.45	4.74	5
Oil (Liter)	10	9.09	8.34	7.69	7.14	6.67	6.25	5.88	5.55	5.26	5
Ratio(Ethanol/Oil)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1