

بسمه تعالی



دانشکده فنی و مهندسی علی آباد کتول

گروه مهندسی شیمی

دستور کار آزمایشگاه عملیات واحد

تهیه و تنظیم: وجیهه جعفری (کارشناس آزمایشگاه)

دستورالعمل کلی

مواردی که برای تهیه‌ی گزارشکار آزمایشگاه عملیات واحد بایستی مدنظر قرار دهید به شرح ذیل است. به-علاوه در ادامه محاسبات و پرسش‌های مربوط به هر آزمایش ذکر شده است، لطفا توجه فرمایید. در ضمن دقت نمایید ممکن است برخی اطلاعات و داده‌های حاصل از آزمایشات در محاسبات مورد استفاده قرار نگیرد.

هر گزارشکار بایستی موارد ذیل را در بر داشته باشد:

- عنوان آزمایش
 - اعضای گروه و شماره دانشجویی
 - ذکر نویسنده گزارشکار
 - مقدمه مختصر
 - شرح مختصری از روش کار با دستگاه
 - محاسبات
- لطفا قبل از انجام محاسبات مربوط به هر آزمایش، ابتدا هدف آزمایش را نوشته و سپس داده‌هایی که در هنگام انجام آزمایش در آزمایشگاه تهیه کردید را آورده و درنهایت محاسبات مربوطه را بنویسید.
- پاسخ به پرسش‌های آزمایش

برج تقطیر سینی دار



مقدمه

روش‌های مختلفی برای جداسازی مواد اجزای سازنده یک محلول وجود دارد که یکی از این روش‌ها فرایند تقطیر می‌باشد. تقطیر در واقع جداسازی فیزیکی برش‌های نفتی است که اساس آن، اختلاف در نقطه جوش هیدروکربن‌های مختلف است. هر چه هیدروکربن سنگین‌تر باشد، نقطه جوش آن زیاد است و هر چه هیدروکربن سبک‌تر باشد، زودتر تبخیر می‌شود. تقطیر، معمول‌ترین روشی است که برای تخلیص مایعات به کار می‌رود. در این عمل مایع را به کمک حرارت تبخیر می‌کنند و بخار مربوطه را در ظرف جداگانه‌ای متراکم می‌کنند و محصول تقطیر را بدست می‌آورند.

تقطیر در عمل به دو روش انجام می‌شود. روش اول شامل تولید بخار از طریق جوشاندن یک مخلوط مایع، سپس میعان بخار، بدون اینکه هیچ مایعی مجدداً به محفظه تقطیر بازگردانده شود. در روش دوم قسمتی از بخار مایع شده، به دستگاه تقطیر باز می‌گردد و این مایع برگشتی در مجاورت بخاری که به طرف مبرد می‌رود قرار می‌گیرد. هر کدام از این روش‌ها می‌توانند پیوسته یا ناپیوسته باشند. چنانچه ناخالصی‌های موجود در مایع اولیه فرار نباشند، در باقیمانده تقطیر بجا می‌مانند و تقطیر ساده جسم را خالص می‌کند. در صورتی که ناخالصی‌ها فرار باشند، تقطیر جزء به جزء مورد احتیاج خواهد بود. اگر فقط یک ماده فرار بوده و اختلاف نقطه جوش این ماده با ناخالصی‌های موجود در آن زیاد باشد (حدود ۳۰ درجه) می‌توان برای جدا کردن این ماده از ناخالصی‌ها از تقطیر ساده استفاده نمود. از تقطیر ساده معمولاً در جداسازی مخلوط مایعاتی استفاده می‌شود که نقطه جوشی در محدوده ۴۰ تا ۱۵۰ درجه دارند زیرا در دمای بالاتر از ۱۵۰ درجه بسیاری از ترکیبات آلی تجزیه می‌شوند و در دمای جوش کمتر از ۴۰ درجه مقدار زیادی از مایع در ضمن تقطیر هدر می‌رود.

ستون‌های تقطیر جز به جز

این ستون‌ها انواع متعددی دارد ولی در تمام آنها ویژگی‌های مشابهی وجود دارد. این ستون‌ها مسیر عمودی را به وجود می‌آورند که باید بخار در انتقال از ظرف تقطیر به مبرد از آن بگذرد. این مسیر به مقدار قابل

ملاحظه‌ای از مسیر دستگاه تقطیر ساده طویل تر است. هنگام انتقال بخار از ظرف تقطیر به بالای ستون مقداری از بخار متراکم می‌شود. چنان چه قسمت پایین این ستون نسبت به قسمت بالای آن در درجه حرارت بیشتری نگهداری شود مایع متراکم شده و درحالی که به پایین ستون می‌ریزد دوباره به طور جزئی تبخیر می‌شود. بخار متراکم نشده همراه بخاری که از تبخیر مجدد مایع متراکم شده حاصل می‌شود و در داخل ستون بالاتر می‌رود. این اعمال باعث تقطیر مجدد مایع می‌شود و به طوری که در هر یک از مراحل فاز بخاری که به وجود می‌آید نسبت به جز فرارتر غنی تر می‌شود. ماده متراکم شده‌ای که به پایین ستون می‌ریزد در مقایسه با بخاری که با آن در تماس است در هر یک از مراحل نسبت جزئی که فراریت کمتری دارد غنی تر می‌شود. در شرایط ایده‌ال بین فازهای مایع و بخار در سراسر ستون تعادل برقرار می‌شود و فاز بخار بالایی تقریباً به طور کامل از جز فرارتر تشکیل می‌شود و فاز مایع پایینی نسبت به جزئی که فراریت کمتری دارد غنی تر می‌شود. مهم ترین شرایطی که برای ایجاد این حالت لازم است عبارتند:

✓ باید تماس کامل و مداوم بین فازهای بخار و مایع در ستون وجود داشته باشد.

✓ طول ستون کافی باشد.

چنانچه این دو شرط وجود داشته باشد می‌توان با یک ستون طویل ترکیباتی که اختلاف کمی در نقطه جوش دارند به طور رضایت بخش از هم جدا کرد زیرا طول ستون مورد لزوم و اختلاف نقاط جوش اجزا با هم نسبت عکس دارند. معمول ترین راه ایجاد تماس لازم بین فازهای مایع آن است که ستون با مقداری ماده بی اثر مانند شیشه یا سرامیک یا تکه‌های فلزی به اشکال مختلف که سطح تماس وسیعی را فراهم می‌کند پر شود. یکی از راه های بسیار موثر ایجاد این تماس بین مایع و بخار آن است که نوار چرخانی از فلز یا تفلون که با سرعت زیادی در داخل ستون بچرخد به کار رود. این عمل نسبت به ستون های پر شده ای که قدرت مشابهی دارند این مزیت را دارد که ماده کمی را در داخل ستون نگاه می‌دارد (منظور از این نگه داری مقدار مایع و بخاری است که برای حفظ شرایط تعادل در داخل ستون لازم است).

تقطیر با مایع برگشتی

در این روش تقطیر قسمتی از بخارات حاصله در بالای برج، بعد از میعان به صورت محصول خارج شده و قسمت زیادی به داخل برج برگردانده می‌شود. این مایع به مایع برگشتی موسوم است. مایع برگشتی با بخارات در حال صعود در تماس قرار داده می‌شود تا انتقال جرم و انتقال حرارت صورت گیرد. از آنجا که مایعات در داخل برج در نقطه جوش خود هستند، لذا در هر تماس مقداری از بخار، تبدیل به مایع و قسمتی از مایع نیز تبدیل به بخار می‌شود. نتیجه نهایی مجموعه این تماس‌ها، بخاری اشباع از هیدروکربن‌ها با نقطه جوش کم و مایعی اشباع از مواد نفتی با نقطه جوش زیاد می‌باشد. در تقطیر با مایع برگشتی با استفاده از تماس بخار و مایع، می‌توان محصولات مورد نیاز را با هر درجه خلوص تولید کرد، مشروط بر اینکه به مقدار کافی مایع برگشتی و سینی در برج موجود باشد. بوسیله مایع برگشتی یا تعداد سینی‌های داخل برج می‌توانیم درجه خلوص را تغییر دهیم. لازم به توضیح است که ازدیاد مقدار مایع برگشتی باعث افزایش مصرف انرژی خواهد شد. چون تمام مایع برگشتی باید دوباره به صورت بخار تبدیل شود. امروزه به علت گرانی سوخت، سعی می‌شود برای بدست آوردن خلوص بیشتر محصولات، به جای ازدیاد مایع برگشتی از سینی‌های بیشتری در برج‌های تقطیر استفاده شود. در هنگام راه‌اندازی سیستم ابتدا مایع برگشتی را صددرصد انتخاب کرده و بعد مرتباً این درصد را کم می‌کنند و به صورت محصول خارج می‌کنند تا به این ترتیب دستگاه تنظیم شود.

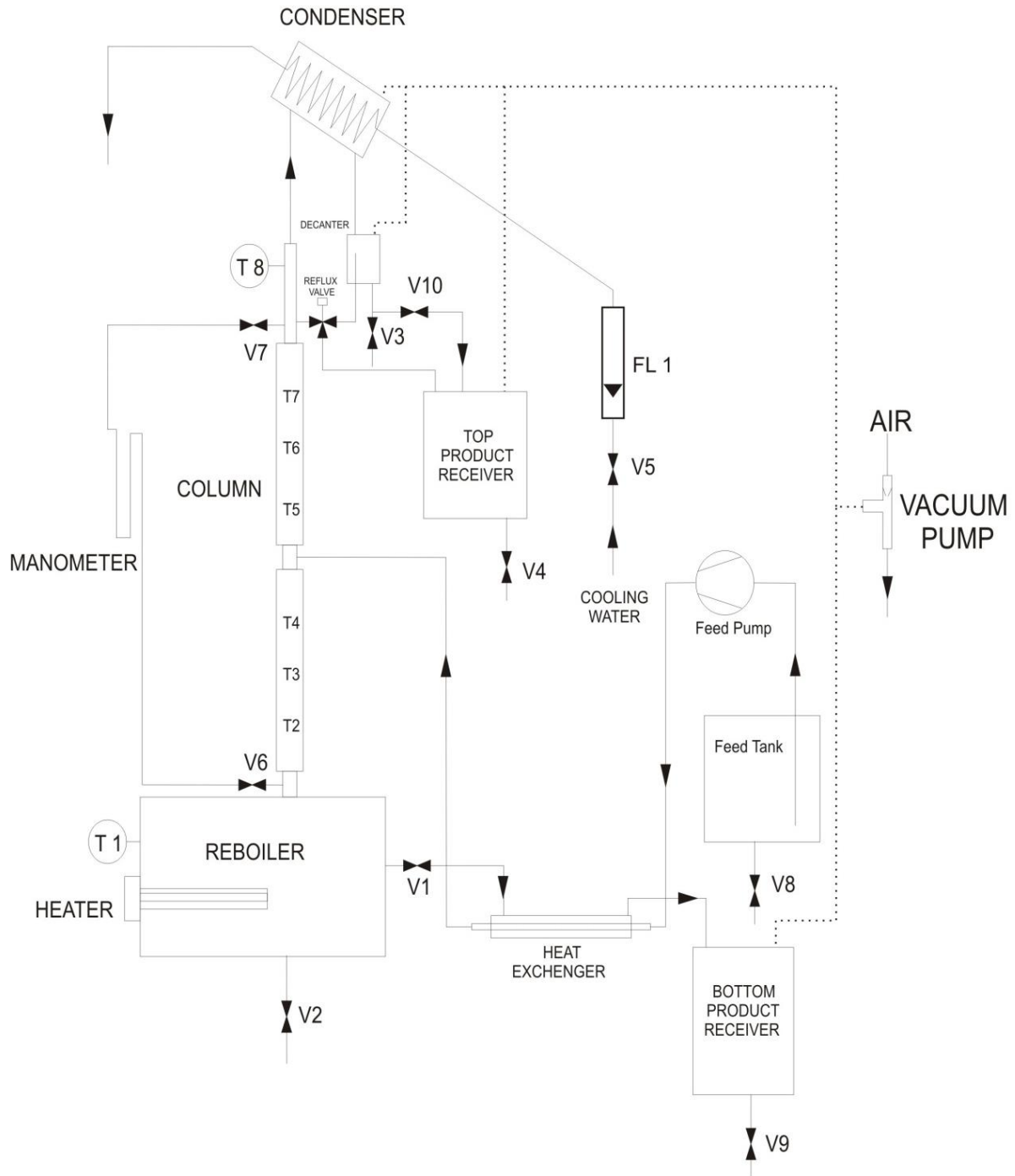
شرح دستگاه

در پایین دستگاه یک جوش آورنده از جنس استیل به حجم ۱۰ لیتر قرار دارد. برای پر کردن این مخزن درپوش سفید رنگ روی آن را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت بگردانید و پس از پر کردن مخزن دوباره آن را ببندید و سفت کنید. برای تخلیه این مخزن بعد از سرد شدن دستگاه، شیر زیر مخزن را باز کنید. در سمت راست جوش آورنده و در پایین ترین قسمت، مخزن محصول پایین برج قرار دارد. این مخزن از جنس شیشه و به حجم ۵ لیتر می‌باشد.

در بالای این مخزن یک مخزن دیگر قرار دارد که مخزن اصلی خوراک می باشد. این مخزن در زمانی که برج به صورت پیوسته کار می کند مورد استفاده قرار می گیرد. در بالای این مخزن یک مخزن دیگر به حجم ۵ لیتر قرار دارد که مخزن محصول بالای برج نام دارد. در بالای مخزن جوش آورنده یک ستون شیشه‌ای قرار گرفته که در بین آن شش عدد سینی غربالی قرار گرفته است. بر روی سه سینی یک سنسور دمایی دقیق قرار دارد که دمای سیال روی سینی را نمایش می دهد و می توان جای آنها را عوض کرد.

بالتر از این ستون شیشه‌ای، کندانسور استیل نصب شده است. بخار پس از وارد شدن به کندانسور چگالیده شده و به داخل یک مخزن نیم لیتری ریخته می شود که یک نوع جداکننده فاز می باشد. سپس درصد رفلکس تعیین خواهد کرد که چه مقدار از این سیال دوباره به ستون برگردد و چه مقدار از این سیال به مخزن محصول بالای برج جاری شود اگر شیر رفلکس خاموش باشد با باز کردن شیر V10 سیال داخل جداساز به مخزن محصول بالای برج جاری می شود. در زیر مخزن جداساز یک شیر برای نمونه گیری قرار دارد (V3). شیرهای V4-V8-V9 به ترتیب برای تخلیه مخازن، محصول بالای برج، خوراک و محصول پایین برج استفاده می شود. مشخصات آب و اتانول در جدول زیر آمده است.

ماده	وزن مولکولی (g/mol)	فرمول	دانسیته (g/cm ³)
اتانول	۴۶/۰۷	C ₂ H ₆ O	۰/۷۸۹
آب	۱۸	H ₂ O	۱/۰۰۰



خلاصه شیرهایی که در طول آزمایش زیاد استفاده می شوند.

ورودی روتامتر	V5	تعیین فشار ستون بوسیله مانومتر	V6 و V7
ورودی اجکتور برای ایجاد خلا	V12	تخلیه مخزن زیر کندانسور	V3
تخلیه مخزن جمع آوری الکل	V4	ورودی مخزن جمع آوری اتانول	V10

هشدار: پس از انجام آزمایش دستگاه از مواد تخلیه گردد.

آشنایی با قسمت‌های الکترونیکی دستگاه

۱- برای نمایش دمای جوش آورنده و بالای برج و دمای سینی‌ها، ۶ عدد دماسنج بر روی برج تعبیه شده است. یک دماسنج مربوط به جوش‌آور، سه تا به سینی‌ها و دوتای دیگر به ورودی و خروجی کندانسور متصل شده است. که در جدول زیر خلاصه شده است.

T4	T3	T2	T1
دمای آب خروجی از کندانسور	دمای آب ورودی به کندانسور	دمای بخار ورودی به کندانسور	دمای جوش‌آور

دماسنج‌های روی سینی‌ها را به راحتی می‌توان از محل خود خارج کرد و به سینی دیگر منتقل داد، بدین ترتیب که به آرامی کلاهک مشکی نگهدارنده دماسنج را بچرخانید و باز نمایید، سپس، درپوش تعبیه شده برای قرار دادن دماسنج، در سینی موردنظر را باز کنید و سنسور را در داخل آن قرار دهید و کلاهک آن را دوباره بچرخانید و کمی سفت نمایید. به طور خلاصه سنسور را از یک سینی به سینی دیگر جابجا نمایید.

۲- برای روشن کردن پمپ خوراک بر روی تابلو یک کلید قرار دارد با قرار دادن این کلید در حالت روشن، پمپ خوراک روشن شده و خوراک را به وسط برج می‌فرستد. برای جوش آورنده و رفلاکس نیز دو کلید بر روی تابلو تعبیه شده است.

۳- در پایین جعبه برق دستگاه یک ولوم قرار دارد که برای تنظیم مقدار برگشتی (Reflux) بکار برده می‌شود. دو عدد بر روی این ولوم قابل خواندن است یکی دور دایره و یکی داخل یک مربع و در ضمیمه سیاه رنگ قرار دارد عددی که دور دایره قرار دارد رقم یکان و عددی که داخل مربع سیاه رنگ قرار دارد رقم دهگان است که جمعا مقدار درصد را نمایش می‌دهند. در صددرصد مقدار رفلاکس کل محصول به داخل ستون برگردانده می‌شود و در صفر درصد مقدار رفلاکس کل محصول به مخزن محصول بالای برج ریخته می‌شود.

۴- بر روی تابلو فرمان این دستگاه یک ولیوم قرار دارد که برای تنظیم توان جوش‌آورنده از آن استفاده می‌شود. برای تغییر توان، به آرامی ولیوم را بچرخانید و برای محاسبه توان الکتریکی اعمال شده توسط

جوش آورنده، مقادیر ولتاژ و آمپراژ که بر روی نمایش دهنده‌های دیجیتالی نشان داده می‌شود را در هم ضرب کنید.

در کنار جعبه برق کلید خاموش و روشن کردن کلی دستگاه قرار دارد.

قبل از روشن کردن دستگاه به موارد زیر توجه کنید:

- حتما داخل جوش آورنده به اندازه کافی خوراک ریخته شود. (از وسط آب‌نما بالاتر باشد)

- از وصل شدن آب سرد و تخلیه به محل مناسب مطمئن شوید.

- برای راه‌اندازی دستگاه، بیش از نصف مخزن باید از آب و اتانول پر شود. ولیوم را بچرخانید تا ولت‌متر عدد

۲۰۰ (حدودی کافی است) را نشان دهد و با دقت به دمای جوش آورنده توجه نمایید تا وقتی که دما به ۶۰

درجه رسید، ولیوم را کاهش دهید تا ولت‌متر حدودا عدد ۱۷۰ را نشان دهد.

آزمایش ۱

هدف: تعیین افت فشار در طول ستون

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول تهیه نمایید. مخزن را با ۱۰ لیتر از

مخلوط آماده شده پر کنید. درب مخزن را محکم ببندید و دستگاه را روشن کنید و نمایش دهنده دمای T1

را نگاه کنید. سپس شیر V5 را باز کنید تا فلوی ۳ لیتر در دقیقه بر روی روتامتر دیده شود. ولیوم مربوط را

بچرخانید تا ولت‌متر روی ۱۸۰ تنظیم گردد. دمای T1 نشان دهنده گرم شدن مخلوط داخل جوش آور است.

شیر V6 و V7 را باز کنید. این شیرها بالا و پایین برج را به مانومتر متصل می‌کند. در این حالت اختلاف

فشاری دیده نخواهد شد. مجددا شیرهای V6 و V7 ببندید. وقتی مخلوط داخل جوش آور گرم شد بخار

شروع به بالا آمدن می‌کند. در این حالت بخار وارد کندانسور می‌شود و بعد از میعان وارد مخزن جداساز

می‌گردد. در این حالت کلید رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولیوم مربوط به رفلاکس را تماما در

جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا رفلاکس کامل حاصل شود. پس از رسیدن محصول به سر ریز موجود

در مخزن جداساز تمام محصول به داخل برج سرازیر خواهد شد این محصول پس از سرازیر شدن به بالای

برج بر روی سینی‌ها می‌لغزد و به پایین می‌رود زمانی که دماها (دمای روی سینی‌ها) به حالت ثابت رسیدند می‌توان گفت شرایط موازنه در برج برقرار گشته و حالت پایا برقرار گردیده است. نرخ تبخیر بوسیله شیر V3 قابل اندازه‌گیری می‌باشد. برای این منظور ابتدا رفلاکس را خاموش کنید (کلید رفلاکس را در وضعیت خاموش قرار دهید) و کل محصول جمع شده در زیر کندانسور را به مخزن پایین‌تر هدایت کنید و شیر آن را ببندید. سپس در فواصل مشخص (مثلا ۵ دقیقه) با استفاده از کرنومتر، شیر V3 را باز کنید و محصول را داخل یک ظرف مدرج ۲۵۰ سی‌سی بریزید. این عمل را تا جایی تکرار کنید که به یک عدد تقریباً واحد برای اندازه‌گیری دبی ایجاد محصول برسید در این حالت شیر V6 و V7 را باز کرده و میزان اختلاف فشار را یادداشت کنید. مجدداً شیرهای V6 و V7 را ببندید. این عمل را برای ولیوم‌های ۱۷۰ و ۱۸۰ ولت‌متر تکرار کنید و در هر مرحله میزان نرخ تبخیر و اختلاف فشار و دمای سیال روی هر سینی را یادداشت کنید. نمودار افت فشار برحسب توان برج و نمودار نرخ تبخیر برحسب توان برج را رسم نموده و تحلیل کنید. به علاوه دمای میانگین برج را در هر حالت تعیین نمایید.

V (v)	I (A)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	Pressure drop (cm-H ₂ O)	Boilup rate (ml/s)	
									V (ml)	Time (s)

Power	Boilup rate	Pressure drop	Average
-------	-------------	---------------	---------

I*V (kw)	(ml/s)	(cm-H ₂ O)	temperature (°C)

آزمایش ۲

هدف: تعیین بازده کل ستون در شرایط رفلاکس کامل

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول تهیه نمایید. برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیاز می‌باشد. جوش آورنده را از مخلوط ۱۰ لیتری پر کرده و درب سفید رنگ آنرا محکم ببندید. رفلاکس را روشن کرده و در حالت صد درصد قرار دهید هیتر را با حداکثر توان روشن کنید و سپس ولیوم را به ۱۸۰ کاهش دهید. دستگاه را برای ۱۰ دقیقه رها کنید تا به موازنه در برج برقرار گردد. همانطور که در آزمایش قبل گفته شده نرخ تبخیر را بدست آورید. ابتدا رفلاکس را قطع کنید و محتویات مخزن جداساز را به وسیله V3 خالی کنید. سپس در فواصل مساوی مقدار محصول را به وسیله نمونه گیری با شیر V3 اندازه‌گیری کنید تا به عدد واحدی برسید. به خاطر داشته باشید قبل از نمونه‌گیری ۱۰ میلی لیتر از ماده داخل لوله را دور بریزید. به مقدار زیاد نمونه‌گیری نکنید زیرا این عمل باعث برهم خوردن موازنه جرم در طول ستون خواهد شد از مخزن جوش‌آور نیز یک نمونه تهیه کنید. سپس خلوص نمونه‌های تهیه شده را بوسیله دانسیته‌متر اندازه‌گیری کنید. از پایین و بالای برج هر ۱۰ دقیقه یک نمونه گرفته و این کار را ۲ بار تکرار کنید. دماها را یادداشت کرده و میانگین دمای ستون را محاسبه کنید. تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان

برج را محاسبه کنید. دقت شود برای انجام محاسبات برج تقطیر، بایستی درصد حجمی خلوص محصولات به مولی یا جرمی تبدیل شود.

شرایط عملکرد برج و مقدار رفلاکس	V (v)	I (A)	T5 (°C)	T6 (°C)	خلوص بالای برج (Volume %)	خلوص پایین برج (Volume %)	Boilup rate (ml/s)	
							V (ml)	Time (s)

آزمایش ۳

هدف: تعیین بازده کل ستون در شرایط رفلاکس متفاوت

یک مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول تهیه نمایید. برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیازمند هستید. جوش آور (Evaporator tank) را از مخلوط ۱۰ لیتری پر کنید و درب آنرا محکم ببندید. ابتدا توان هیتر را روی صد درصد تنظیم کنید و به محض جاری شدن رفلاکس توان را با کم کردن ولیوم تا مقدار ۱۸۰ کم کنید. دستگاه را روی حالت رفلاکس کامل قرار دهید و حدود ۱۰ دقیقه دستگاه را رها کنید تا شرایط موازنه در ستون ایجاد شود. این آزمایش در نرخ‌های مختلف رفلاکس انجام گردد برای این منظور ابتدا مقدار رفلاکس را روی ۸۳٪ تنظیم نمایید. در این حالت محصول به نسبت ۵ به ۱ وارد ستون و وارد مخزن محصول بالای برج می‌گردد. از بالا و پایین ستون به وسیله شیرهای V3 و V2 نمونه تهیه کنید. هیچگاه بیش از حد نمونه برداری نکنید. توجه داشته باشید نمونه‌ها ممکن است داغ باشند. این نمونه برداری را هر ۱۰ دقیقه و ۲ بار از بالا و پایین برج انجام دهید و دماها را یادداشت کنید. پس از آن که دمای نمونه‌ها به دمای مجاز دانسیته‌متر رسید (دمای نوشته بر روی دانسیته‌متر) درصد آن را تعیین نمایید و دمای میانگین برج را محاسبه کنید. این

آزمایش را با توان‌های مختلف هیتر تکرار کنید تا رنج کامل عملکرد برج را پوشش دهد. تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان برج را محاسبه کنید.

شرایط عملکرد برج و مقدار رفلاکس	V (v)	I (A)	T5 (°C)	T6 (°C)	خلوص بالای برج (Volume %)	Boilup rate (ml/s)		
						خلوص پایین برج (Volume %)	V (ml)	Time (s)

آزمایش ۴

هدف: تعیین بازده کل ستون در شرایط تقطیر پیوسته

۵ لیتر از مخلوط ۶۵ مول درصد اتانول در مخزن خوراک بریزید به مقدار کافی مخلوط دو جزیبی حاوی ۲۵ مول درصد اتانول و ۷۵ مول درصد آب تهیه کنید و داخل جوش‌آور بریزید تا به سطح سرریز شیر V1 برسد درب آن را محکم ببندید. شیر V1 را باز کنید. برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی‌سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌تر نیاز می‌باشد. کلید Boiler را در حالت روشن قرار دهید نمایشگر دمای T1 که دمای جوش آورنده است، نگاه کنید. سپس شیر V5 را باز نموده تا آب سرد در کندانسور جریان یابد و فلوی فلومتر را روی 3lit / min تنظیم نمایید. ولیوم مربوط به تنظیم توان هیتر را کاملاً در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا توان هیتر صد درصد گردد. وقتی بخار بالا آمد دمای سنسورها به سرعت بالا می‌رود در اینجا آزمایش را با رفلاکس کامل شروع می‌کنیم دکمه رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولوم آن را در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا رفلاکس صد در صد حاصل شود. توان هیتر را روی نصف قرار دهید. وقتی ستون ۱۵ دقیقه به حال خود ماند رفلاکس را روی ۸۳ درصد تنظیم نمایید پمپ خوراک را روشن

نمایید و آن را روی یک سوم تنظیم کنید چون پمپ در بیشترین حالت شش لیتر بر ساعت را می‌دهد وقتی ولوم آن را روی یک سوم تنظیم کنید دو لیتر بر دقیقه خواهیم داشت. شیر V1 پایین برج را باز کنید. وقتی حدود ۳ لیتر از مخزن خوراک به داخل ستون منتقل شد بوسیله شیر V3 از محصول بالای برج نمونه تهیه کنید بوسیله شیر V2 از پایین ستون نمونه تهیه کنید این عمل را هر ۱۰ دقیقه تا ۵ بار تکرار کنید. می‌توانید این آزمایش را برای توان‌های مختلف (مثلاً ولیوم بر روی ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ تنظیم شود) انجام دهید به طوری که بازه عملکرد برج را پوشش دهد. برای این آزمایش تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان برج را محاسبه کنید.

شرایط عملکرد برج و مقدار رفلاکس	V (v)	I (A)	T5 (°C)	T6 (°C)	خلوص بالای برج (Volume %)	خلوص پایین برج (Volume %)	Boilup rate (ml/s)	
							V (ml)	Time (s)

آزمایش ۵

هدف: تعیین بازه کل ستون در شرایط تقطیر پیوسته و خلا (در صورت وقت کافی آزمایش ۵ انجام شود)

این مرحله مشابه مرحله قبل است با این تفاوت که کمپرسور باید به اجکتور برج وصل شود و خلا ۰/۲ بار در برج ایجاد گردد و در توان‌های حرارتی پایین آزمایش انجام شود. برای انجام این آزمایش به یک ارلن مدرج ۲۵۰ سی سی، یک کرنومتر و یک دانسیته‌متر نیاز می‌باشد. ۵ لیتر از مخلوط ۶۵ مول درصد اتانول در مخزن خوراک بریزید به مقدار کافی مخلوط دو جزیی حاوی ۲۵ مول درصد اتانول و ۷۵ مول درصد آب تهیه کنید و داخل جوش‌آور بریزید تا به سطح محلول به لوله خروجی ته‌ماند که بر روی ریویولر نصب شده است، برسد درب آن را محکم ببندید. شیر لوله‌ای که بر روی جوش‌آور نصب شده است را باز نمایید تا

ریختن محلول از جوش آور به داخل مخزن شیشه‌ای را مشاهده کنید و آن را مجدداً ببندید. کلید Boiler را در حالت روشن قرار دهید نمایشگر دما را روی دمای T1 که دمای جوش آورنده است، تنظیم کنید سپس شیر زیر روتامتر را باز نموده تا آب سرد در کندانسور جریان یابد و فلوی فلومتر را روی 2 lit/min تنظیم نمایید. ولوم مربوط به تنظیم توان هیتر را کاملاً در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا توان هیتر صد درصد گردد. وقتی بخار بالا آمد دمای سنسورهای سینی‌ها به سرعت بالا می‌رود در اینجا آزمایش را با رفلاکس کامل شروع می‌کنیم دکمه رفلاکس را در حالت روشن قرار دهید و ولوم آن را در جهت عقربه‌های ساعت بگردانید تا رفلاکس صد درصد حاصل شود. توان هیتر را روی نصف قرار دهید. وقتی ستون ۱۰ دقیقه به حال خود ماند رفلاکس را روی ۸۳ درصد تنظیم نمایید پمپ خوراک را روشن نمایید و آن را روی یک سوم تنظیم کنید چون پمپ در بیشترین حالت شش لیتر بر ساعت را می‌دهد وقتی ولوم آن را روی یک سوم تنظیم کنید دو لیتر بر دقیقه خواهیم داشت. شیر خروجی ته‌ماند پایین برج را باز کنید. وقتی حدود ۱ لیتر از مخزن خوراک به داخل ستون منتقل شد از محصول بالای برج نمونه تهیه کنید بوسیله شیر زیر جوش‌آور نیز از پایین ستون نمونه تهیه کنید. این عمل را هر ۱۰ دقیقه تا ۲ بار تکرار کنید. می‌توانید این آزمایش را برای توان‌های مختلف هیتر انجام دهید به طوری که بازه عملکرد برج را پوشش دهد. اکنون جدول زیر کامل نمایید. برای این آزمایش تعداد سینی‌های تئوری را به وسیله داده‌های موجود به دست آورده و راندمان برج را محاسبه کنید.

شرایط عملکرد برج و مقدار رفلاکس	V (v)	I (A)	T5 (°C)	T6 (°C)	خلوص بالای برج (Volume %)	خلوص پایین برج (Volume %)	Boilup rate (ml/s)	
							V (ml)	Time (s)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

سوالات:

- ۱- انواع فرآیندهای تقطیر را نام برده و هر یک را شرح دهید.
- ۲- در مورد مایع برگشتی و انواع آن توضیح دهید.
- ۳- اجزای لازم برای یک برج آکنده را شرح دهید.
- ۴- در برج تقطیر کننده، تاثیر مشخصات آکنده‌ها بر راندمان برج را بیان کنید.
- ۵- حجم آب و اتانول موردنیاز برای مخلوط ۱۰ لیتری از ۵۰ مول درصد آب و ۵۰ مول درصد اتانول چقدر است؟

دستگاه برج جذب



مقدمه

عملیات جذب نوعی عملیات غیرمستقیم است که در آن تماس گاز با فاز مایع حلال در یک واحد عملیاتی به صورت موازی و همسو یا موازی و غیرهمسو صورت می‌گیرد. پس از تماس دو فاز، انتقال جرم جزء یا

اجزاء خاص از فاز گاز به فاز مایع صورت گرفته و در مایع حل می شوند. پس از جذب، حل شده با تقطیر از مایع بازیابی می شود و مایع جاذب را می توان دور ریخت یا دوباره مورد استفاده قرار داد. گاهی حل شده‌ای از مایعی بر اثر تماس مایع با یک گاز بی اثر حذف می شود؛ این عمل را که برعکس جذب گاز است، واجذبی یا عریان سازی گاز می گویند. جذب گاز فرایندی است که در آن یک مخلوط گازی در تماس با یک حلال مایع قرار می گیرد تا به طور انتخابی یک یا چند جزء مورد نظر از مخلوط گازی را در خود حل کند. اغلب فرایندهای جذب به یک ماده خارجی نیاز دارند که به فرایند وارد شده و به عنوان حلال مایع عمل می‌نماید. نظر به اینکه اصول فرایندهای جذب و دفع یکسان است هر دو فرایند به طور همزمان بررسی می‌شود.

برج های جذب و دفع گاز

نحوه کار برج‌های جذب دقیقاً همانند برج‌های تقطیر است. گاز از پایین و مایع از بالا وارد برج شده و انتقال جرم بین فازها به وسیله پرکن‌ها تقویت می شود. دستگاه متداول در جذب گاز برج پرکن است. این دستگاه از یک ستون یا برج استوانه‌ای تشکیل شده که شامل ورودی گاز و فضایی برای توزیع آن در قسمت تحتانی، ورودی مایع و توزیع کننده در قسمت فوقانی، خروجی‌های گاز و مایع به ترتیب در قسمت فوقانی و تحتانی و توده جامد نگه دارنده‌ای به نام پرکن‌های برج است.

مایع ورودی که حلالی خالص یا محلول رقیقی از ماده حل شده می‌باشد توسط توزیع کننده در بالای پرکن‌ها توزیع می‌شود و سطوح پرکن‌ها را به طور یکنواخت مرطوب می کند. گاز حاوی ماده حل شده یا گاز غنی شده، وارد فضای زیر پرکن‌ها می شود و مخالف جریان مایع از روزه‌های موجود در پرکن‌ها بالا می‌رود. پرکن‌ها سطح تماس زیادی بین مایع و گاز فراهم می کنند و تماس نزدیک بین فازها را تقویت می‌نمایند. ماده حل شده در گاز غنی شده توسط مایع تازه‌ای که وارد برج می‌شود جذب و گاز رقیق از بالا خارج می شود. هر چه مایع به طرف پایین برج حرکت می کند از ماده حل شده غنی‌تر می‌گردد.

شرح دستگاه

این دستگاه به طور کلی از یک ستون پر شده، یک پمپ، یک مخزن آب، دو مانومتر، یک همپل، سه عدد روتامتر و یک تابلو فرمان تشکیل شده است. هوای سیستم توسط یک کمپرسور تامین می‌شود. مخزن CO_2 نیز به صورت یک کپسول می‌باشد که توسط یک شیلنگ به روتامتر CO_2 متصل می‌شود. آب توسط پمپ مخزن آب به بالای ستون پر شده پمپاژ می‌شود در این مسیر یک شیر Bypass قرار دارد که می‌توان به وسیله این شیر این مقداری از آب پمپاژ شده توسط پمپ را به مخزن آب برگرداند. در شرایط کارکرد پمپ حتما باید شیر جریان برگشتی تا مقداری باز باشد زیرا زمانی که شیر روتامتر بسته می‌شود به پمپ فشار می‌آید و ممکن است آسیب ببیند به همین دلیل Bypass قرار داده شده است تا آب از پمپ خارج شود و سیستم آسیبی نبیند.

پس از جریان برگشتی، یک شیر و یک عدد روتامتر در مسیر جریان آب به بالای برج قرار داده شده است تا بتوان دبی را کم و زیاد نمود. آب از روتامتر عبور کرده و وارد ستون پر شده می‌شود و از بالای ستون بر روی آکنده‌ها می‌ریزد. هوای دستگاه از یک کمپرسور تامین می‌گردد و توسط یک شیلنگ به دستگاه متصل می‌شود. سپس هوا وارد یک شیر شده و از شیر وارد روتامتر می‌گردد. با این شیر می‌توان مقدار دبی هوا را تنظیم نمود. پس از روتامتر یک سه‌راهی قرار داده شده است. در این سه‌راهی گاز دی‌اکسید کربن و هوا مخلوط شده و بعد از آن هوای دارای گاز CO_2 به زیر ستون تزریق می‌شود. گاز CO_2 مورد نیاز توسط یک کپسول که به دستگاه متصل شده است تامین می‌شود. در مسیر گاز نیز یک روتامتر کوچک نصب شده و بالای روتامتر یک شیر قرار دارد با این شیر می‌توان دبی گاز را تنظیم نمود. پس از این روتامتر گاز دی‌اکسید کربن به سه‌راهی وارد می‌شود و با هوا مخلوط می‌گردد.

بر روی صفحه مشکی رنگ دستگاه دو عدد مانومتر (مانومتر سمت چپ = مانومتر (۱)) و یک همپل با یک سرنگ نصب شده است. شاخه سمت چپ مانومتر (۱) به بالای برج و شاخه دیگر آن به شاخه سمت چپ مانومتر (۲) متصل شده است. شاخه سمت راست مانومتر (۱) و شاخه سمت چپ مانومتر (۲) به هم‌دیگر متصل و هر دوی این شاخه‌ها به وسط برج متصل می‌شود. شاخه سمت راست مانومتر (۲) به پایین برج متصل شده است. در محل اتصال هر شاخه به برج یک شیر قرار داده شده است که به وسیله آن می‌توان اتصال

مانومتر به برج را قطع و وصل نمود. در بالای نگهدارنده مانومترها یک شیر بر روی مانومتر (۱) و دو شیر بر روی مانومتر (۲) نصب شده است. با این سه شیر می‌توان مانومترها را به اتمسفر (هم ارتفاع) وصل نمود تا هم فشار گردد. بدین منظور در زمانی که مسیر جریان آب و هوای ورودی به برج بسته است باید هر سه شیر را همزمان باز نمود تا فشار هوا در هر ۴ شاخه فشار اتمسفری شود و ارتفاعها برابر شود. در زمان کارکرد برج باید سه شیر نصب شده بالای مانومتر که با شماره‌های (۱ و ۲ و ۳) مشخص شده است حتما بسته شود زیرا با افزایش فشار، آب مانومتر به بیرون می‌پاشد.

هرگاه بخواهیم اختلاف فشار بالا و پایین برج را با وسط آن تعیین نماییم کافی است شیر وسط برج و شیر بالای برج متصل به مانومتر را باز نماییم. همچنین برای تعیین اختلاف فشار پایین و وسط برج، شیر شاخه مانومتر متصل شده به پایین برج و شیر شاخه متصل شده به وسط را باز می‌نماییم و در هر حالت باید اختلاف فشار را از روی مانومتر مطالعه نمود.

همپل: ابزار دیگری که بر روی صفحه مشکی دستگاه قرار دارد یک همپل می‌باشد. گوی سمت چپ همپل دارای ارتفاع کمتری نسبت به گوی سمت راست می‌باشد. این گوی باید از سود سوزآور یک مولار پر شود و دقیقا سود باید تا عدد ۸ بر روی بورت بالا بیاید. گوی سمت راست همپل نیز به هوای اتمسفر متصل است. در سمت چپ همپل یک سرنگ قرار داده شده است. با این سرنگ می‌توان نمونه هوا را از بالا، وسط و پایین برج گرفت و مقدار آن را توسط همپل مشخص نمود. در بالای همپل در یک چهارراه یک شاخه از همپل، شاخه مسیر سرنگ، یک شیر و یک شیلنگ نارنجی در یک مکعب مستطیل سفید رنگ به هم‌دیگر متصل می‌شود. شیلنگ نارنجی برای نمونه‌گیری هوای ورودی یا خروجی از برج تعبیه شده است. این شیلنگ سه شاخه می‌شود یک شاخه به بالای برج، یک شاخه به وسط برج و شاخه دیگر به پایین برج متصل شده است در مسیر هر شاخه یک شیر قرار داده شده که باید فقط یکی از آنها باز باشد تا بتوان از دستگاه نمونه‌گیری نمود.

روش استفاده از همپل: همپل از دو گوی شیشه‌ای ساخته شده است که یکی از این گوی‌ها با سود پر می‌شود. برای استفاده از این ابزار باید مسیر لوله‌ها از هوا تخلیه شود و جریان هوای داخل برج، لوله‌ها را پر

نماید. در بالای همپل سه شیر مشاهده می‌شود که با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص شده است. برای این‌که از بالا، پایین و یا وسط برج نمونه‌گیری شود، کافی است شیر محل موردنظر باز و بقیه شیرها بسته باشد. برای نمونه‌گیری شیر ۱ و ۳ بسته و شیر ۲ باز باشد. سرنگ را از هوا پر کنید، شیر ۲ را بسته و شیر ۱ را باز نمایید و سپس سرنگ را به هوا تخلیه کرده، دوباره شیر ۱ را بسته و شیر ۲ را باز کنید و سرنگ را پر کنید و به اتمسفر تخلیه کنید. ۳ بار این عمل را تکرار نمایید. اکنون شیر ۱ را ببندید و با دقت سرنگ را پر کنید سپس شیر ۲ را بسته و شیر ۱ را یک لحظه باز کرده (در حد ۳ ثانیه، تا فشار داخل سرنگ برابر فشار هوا گردد) و دوباره ببندید، سپس شیر ۳ را باز نمایید و گاز داخل سرنگ را به درون همپل تزریق نمایید. (دقت شود که این گاز باید به آرامی تزریق شود که در شاخه دیگر حباب ایجاد نشود). شیر ۳ را ببندید و مطابق مرحله قبل ۵۰ سی‌سی گاز به داخل همپل تزریق نمایید. اکنون شیر ۱ و ۲ باید کاملاً بسته باشد و شیر ۳ باز باشد. دقیقاً ۵۰ سی‌سی گاز را از داخل همپل بکشید و شیر ۳ را بسته و گاز را به هوای بیرون تخلیه نمایید، دوباره شیر ۱ را بسته، شیر ۳ را باز نمایید و مطابق مرحله قبل ۵۰ سی‌سی گاز بکشید و آن را با دقت به هوای بیرون تخلیه نمایید. حال به ارتفاع سود سوزآور موجود در داخل همپل توجه نمایید. ارتفاع محلول (مثلاً حدود ۳ میلی‌متر) تغییر کرده است، این تغییر حجم را با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر یادداشت کنید و با تقسیم این عدد بر ۱۰۰ میلی‌متر هوایی که به داخل همپل تزریق کردید، به دست می‌آید. این عمل را برای بالا و پایین برج نیز تکرار کنید و درصد حجمی گاز دی‌اکسید کربن را تعیین نمایید.

هشدار: تزریق گاز به همپل باید به آرامی و با دقت زیاد انجام شود تا در شاخه دیگر آن حباب ایجاد نشود، در صورت ایجاد شدن حباب تزریق باید از اول انجام گیرد.

آزمایش ۱

دبی آب، هوا و گاز CO_2 را روی عدد موردنظر تنظیم کرده و سپس مقدار افت فشار بالا-وسط و پایین-وسط ستون جذب را در جدول زیر یادداشت کنید. در هر حالت منحنی افت فشار بالا-وسط و پایین-وسط برج را برحسب دبی رسم و تحلیل نمایید.

			پایین برج	
			بالای برج	
			وسط برج	
			پایین برج	
			بالای برج	
			وسط برج	
			پایین برج	

آزمایش ۳

دبی آب و هوا را طوری تنظیم کنید که شرایط طغیان در برج رخ دهد. سپس در این شرایط عملکرد برج، مقدار افت فشار را تعیین نمایید.

سوالات:

- ۱- انواع برج‌های جذب و نحوه طراحی آن‌ها را شرح دهید.
- ۲- عوامل موثر بر میزان جذب گاز را بیان کنید.
- ۳- برای انتخاب حلال در برج‌های جذب چه معیارهایی باید مدنظر قرار گیرند؟
- ۴- در مورد افت فشار در بسترهای آکنده منظم و نامنظم توضیح دهید.
- ۵- تاثیر دبی مایع بر افت فشار بسترهای آکنده هنگام عبور گاز را بیان کنید.
- ۶- عامل ایجادکننده پدیده طغیان چیست و برای جلوگیری از ایجاد آن چه باید کرد؟

دستگاه تبخیرکننده‌ی دو مرحله‌ای



مقدمه

اهمیت تبخیرکننده‌ها در صنایع گوناگون برای کسانی که با آنها سروکار دارند پوشیده نیست، مخصوصاً در پالایشگاه‌های نفت و گاز برای استفاده از آب‌های نامرغوب و جلوگیری از ورود آنها به محیط زیست. آنها را بازیافت می‌کنند و به صورت آب مقطر یا آب‌های سرویس در می‌آورند که آب‌های سرویس برای شستشو استفاده می‌شود، اما آب مقطر می‌تواند استفاده‌های گوناگون داشته باشد که از جمله می‌تواند در دیگ‌های بخار برای تهیه بخار استفاده شود، لذا برای تهیه آب مقطر روش‌های گوناگونی وجود دارد که یکی از آنها روش تبخیر است که در تبخیرکننده‌های چند مرحله‌ای صورت می‌گیرد.

تبخیر یا غلیظ کردن یک محلول، شامل یک ماده حل شونده غیرفرار و یک حلال فرار است. در اکثریت تبخیرها، حلال ما، آب است. در تبخیر، بخشی از حلال، بخار می‌شود و یک محلول غلیظ تولید می‌شود. تبخیر کردن با خشک کردن فرق می‌کند، زیرا در تبخیر کردن، آن چه باقی می‌ماند مایع است (بعضی اوقات مایعی با لزجی سطح بالا) نه یک جامد. همین طور تبخیر با تقطیر نیز فرق دارد، زیرا در تبخیر معمولاً بخار آب، خالص است و حتی هنگامی که بخار آب مخلوط است، هیچ کوششی در مرحله تبخیر برای جداسازی بخار آب در قسمت‌های مختلف صورت نمی‌گیرد. تبخیر با بلورسازی نیز تفاوت دارد، زیرا در تبخیر تأکید بر غلیظ کردن محلول است نه بر شکل دادن و ساختن بلورها در وضعیت معین، مثلاً در تبخیر آب نمک برای تولید نمک معمولی، خط بین تبخیر و بلورسازی خیلی دور از نوک تیز بودن است. معمولاً، در تبخیر، مایع غلیظ، محصول با ارزشی است و بخار آب بعد از چگال شدن دور ریخته می‌شود، اما در یک وضعیت ویژه، عکس این مطلب صادق است. آب حاوی مواد معدنی اغلب برای مصرف در بویلرها، فرایندهای ویژه و مصرف انسان، تبخیر می‌شود و محصول عاری از مواد جامد است. این روش اغلب، تقطیر آب نامیده می‌شود، اما از دید فنی، تبخیر می‌باشد. فرآیندهای تبخیر در مقیاس بزرگ توسعه یافته است و برای تهیه آب شیرین از آب دریا به کار می‌رود. فقط مقدار کمی از کل آب تغذیه بازیافت و شیرین می‌شود و باقی مانده به دریا برمی‌گردد.

عملیات یک مرحله ای و چند مرحله ای

بیشتر تبخیرکننده‌ها به وسیله بخار چگال شونده بر روی لوله های فلزی، حرارت داده می شوند. تقریباً همیشه موادی که تبخیر می شوند، درون لوله ها جریان دارند. معمولاً بخار، در فشار پایین یعنی زیر ۳ بار می باشد. کاهش دمای جوش مایع، اختلاف دما بین بخار و مایع جوشنده را افزایش می دهد که موجب افزایش نرخ انتقال حرارت در تبخیر کننده می شود. در تبخیر کننده های یک مرحله ای، بخار به صورت غیر مؤثر استفاده می شود (کارایی پایین). در تبخیر کننده یک مرحله ای برای تبخیر یک پوند آب حدود یک تا یک و سه دهم پوند بخار مصرف می شود. در تبخیر کننده دو مرحله ای، بخار آب تولید شده با بخار ورودی به سیستم، ترکیب می شود و در مرحله دوم مورد استفاده قرار می گیرد. در این مرحله بخار آب تولید شده به وسیله واحد جرم بخار ورودی به سیستم تقریباً دوبرابر است. به طور کلی، روش عمومی افزایش تبخیر در واحد جرم بخار ورودی به سیستم، با استفاده از سری های تبخیرکننده ها، بین منبع بخار و چگالنده، تبخیر چند مرحله ای نامیده می شود.

وقتی از یک تبخیر کننده استفاده شود، بخار حاصل از مایع در حال جوش به مایع تبدیل می شود و دور ریخته می شود. به این روش، تبخیر یک مرحله ای گویند که روش ساده و با هزینه ساخت پایین می باشد. اگر بخار خروجی از یک تبخیر کننده وارد محفظه بخار تبخیرکننده دیگری شود و بخار حاصل از این تبخیرکننده وارد مبرد گردد، در این عمل از دو دستگاه تبخیرکننده استفاده کرده ایم، اما بخار حاصل از مرحله اول به جای دور ریخته شدن وارد یک تبخیرکننده دیگر می شود و در آنجا صرف تبخیر محلول می شود. در این حالت اقتصاد بخار را بهبود داده ایم. یعنی با همان میزان بخار ورودی از utility تقریباً دو برابر مرتبه تبخیر قبل انجام داده ایم. با این کار هزینه عملیاتی کاهش می یابد، یعنی انرژی کمتری نیاز است حال آنکه هزینه ساخت دستگاه افزایش یافته است.

شرح دستگاه تبخیرکننده دو مرحله ای

به طور کلی این دستگاه از دو قسمت مجزا تشکیل شده است.

۱- دیگ بخار

۲- ستون‌های تبخیرکننده و سرد کننده

دستگاه دیگ بخار: این دستگاه برای تولید بخار با فشار یک بار نسبی طراحی شده است. که شامل یک استوانه عایق‌بندی می‌باشد. در داخل دیگ بخار یک عدد هیتر نصب شده است. بر روی مخزن عایق‌بندی شده، یک دریچه قرار دارد که به وسیله آن می‌توان در مخزن را از آن جدا و آب مقطر به داخل آن تزریق نمود. دقت گردد که دریچه باید دقیق و محکم بسته شود. بر روی این مخزن یک عدد فشارسنج گیج نصب شده است که در هر لحظه فشار داخلی مخزن را نمایش می‌دهد. در کنار فشارسنج یک عدد کنترل‌کننده قرار دارد که فشار سیستم را کنترل می‌کند. در سمت راست دستگاه تابلو فرمان نصب شده که بر روی این تابلو یک کلید سه فاز قرار دارد و این کلید هیتر داخل مخزن را روشن و خاموش می‌کند.

هشدار ۱: حتما ۷۵ درصد دیگ بخار را از آب مقطر پر نمایید.

هشدار ۲: در صورتی که سطح آب، از سطح هیتر کمتر شود، دستگاه خودکار هیتر را خاموش می‌کند، در صورتی که سطح آب از سطح هیتر کمتر شود، دستگاه خودکار هیتر را خاموش می‌کند، در صورتی که کلید دستگاه را روشن نمایید و مشاهده کنید که مخزن گرم نمی‌شود و یا فشار از روی صفر بار، افزایش نمی‌یابد، آب مخزن کمتر از سطح هیتر بود و باید مخزن را تا ۷۵ درصد از آب پر نمایید.

هشدار ۳: برق ورودی به دستگاه ۳ فاز می‌باشد.

هشدار ۴: زمانی که مخزن از آب خالی شده، هرگز هیتر آن را روشن نکنید چون ممکن است باعث آسیب دیدن هیتر دیگ شود.

دستگاه تبخیرکننده دو مرحله‌ای: این دستگاه از دو ستون شفاف، یک عدد کندانسور، یک عدد فشارسنج، دو دماسنج و تعدادی شیر و مسیر لوله‌های متفاوت تشکیل شده است. در داخل هر ستون یک عدد کویل حرارتی تعبیه شده است. کویل مخزن اول (سمت راست) با بخار مستقیم از دیگ بخار تغذیه می‌شود و کویل مخزن دوم با استفاده از بخار ستون اول گرم می‌شود. بر روی زیر هر دو ستون یک دماسنج نصب شده که مستقل از همدیگر، خاموش و روشن می‌شوند. در صورتی که بخواهید دما را اندازه‌گیری نمایید، کافی است

که ON دماسنج را فشار دهید و سپس دما را از روی آن بخوانید، سپس دکمه OFF را فشار دهید تا خاموش شود. در قسمت زیر ستون، یک عدد کندانسور نصب شده که خروجی‌های بخار و ته‌ماند تبخیرکننده‌ها، وارد این مبدل حرارتی (حمام آب) شده و سرد و سپس از دستگاه خارج می‌گردد. دقت گردد که اجازه ندهید، فشار مخزن شفاف اول از 0.3 بار تجاوز نماید. در صورتی که از این مقدار، فشار بیشتر شود، باید مسیر بخار کوپل، مخزن شفاف دوم را باز نموده تا بخار بالای مخزن وارد کوپل شود و فشار مخزن کاهش یابد. به طور کلی اندازه‌های قطعات دستگاه به قرار زیر است.

قطر مخزن شفاف سمت راست ۱۱۰ میلیمتر، قطر مخزن شفاف سمت چپ ۱۱۴ میلیمتر، طول کوپل‌ها ۱ متر و قطر آن ۸ میلیمتر می‌باشد.

هدایت‌متر: این ابزار برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول ارایه شده است، زمانی که غلظت املاح در محلول بیشتر باشد، این ابزار هدایت بیشتری را نمایش می‌دهد. به عنوان مثال با اندازه‌گیری هدایت‌متری آب مقطر، حدوداً عدد ۲۳ میکرو زیمنس بر روی نمایشگر ابزار مشاهده می‌شود. شیرهای دستگاه به شرح زیر است.

V1: شیر روی دیگ بخار، با باز کردن این شیر بخار از دیگ خارج می‌شود.

V2: ورودی آب شهری به مخزن اول

V3: ورودی آب شهری به کندانسور

V4: خروجی مایع از زیر مخزن شفاف

V5: خروجی محلول از مخزن شفاف دوم

V6: ورودی بخار از مخزن اول به کوپل مخزن دوم

V7: ورودی محلول از مخزن اول به مخزن دوم

V8: خروجی بخار از مخزن اول به اتمسفر

V9: خروجی بخار از مخزن دوم

V10: خروجی بخار از مخزن اول و دوم به اتمسفر

روش انجام آزمایش

- ۱- دیگ بخار را روشن کنید.
- ۲- شیر V2 را باز کنید تا مخزن شفاف اول تا ارتفاع ۳۵ سانتیمتر از آب پر شود و سپس ببندید.
- ۳- یک نمونه از آب ورودی (آب شهری را برداشته و هدایت آن را اندازه گیری نمایید. برای این کار شیر V4 را باز کرده و یک نمونه از آب آن را بر دارید و با هدایت‌متر، هدایت الکتریکی آن را اندازه گیری نمایید.) این مقدار برای آب تهران (آب غیرآشامیدنی) حدود ۸۷۹ μS بوده است.
- ۴- شیر V3 را باز نمایید تا آب شهری وارد حمام آب شود. (مبدل حرارتی) در این حالت پس از پر شدن حمام، آب از مسیر خروجی آن خارج می‌شود.
- ۵- شیر V2 باید بسته و شیرهای V3 باید باز باشد.
- ۶- شیرهای V9 و V7 را ببندید و شیرهای V8 و V10 را باز کنید.
- ۷- V4 و V5 را نیز ببندید.
- ۸- شیر V1 که بر روی دیگ بخار نصب شده است را پس از اتصال شیلنگ آن به تبخیرکننده، شیر را باز و دیگ بخار را روشن کرده و اجازه دهید بخار از دیگ وارد دستگاه شود و آب در مخزن اول جوش آید.
- ۹- کرنومتر را روشن کرده و زمان را ثبت نمایید. اجازه دهید ارتفاع آب درون مخزن اول به ۲۵ سانتیمتر برسد و کرنومتر را خاموش کنید.
- ۱۰- شیرهای V8 را ببندید و شیرهای V9 و V10 و V7 را باز کنید.
- ۱۱- آب از مخزن اول به مخزن دوم جاری می‌شود. اجازه دهید کل آب مخزن اول به مخزن دوم منتقل شود.
- ۱۲- شیر V7 را ببندید و شیر V9 را باز کنید.
- ۱۳- شیر V2 را باز و شیر V3 را ببندید و اجازه دهید ارتفاع آب درون مخزن به ۳۵ سانتیمتر برسد. اگر آب به داخل مخزن وارد نشد، می‌توانید سریع شیرهای V9 و V6 را بسته و V8 و V10 را باز نمایید، تا آب وارد مخزن شود. پس از ارتفاع ۳۵ سانتیمتر، شیر V8 را بسته و شیرهای V6 و V9 را باز نمایید.

۱۴- اگر در حین آزمایش، آب مخزن سمت راست تمام شود، می‌توانید آب آن را اضافه کنید.

۱۵- فشار مخزن اول و دمای هر دو را اندازه‌گیری نمایید.

۱۶- اکنون دما و فشار مخزن اول را بخوانید. به عنوان مثال برای یک نمونه دستگاه

T12	T11	P11
98 C	104 C	0.3 bar

۱۷- دیگ بخار را خاموش کنید.

۱۸- ارتفاع مخزن ۲ را اندازه‌گیری نمایید و با استفاده از شیر V5 یک نمونه از محلول را از ستون خارج

نموده و هدایت آن را اندازه‌گیری کنید.

در خروجی کویل بخار دو مخزن، هر کدام یک تله بخار نصب شده است که در صورت زیاد شدن فشار داخل

این دو مخزن شیشه‌ای، سوپاپ عمل کرده و فشار مخزن شکسته می‌شود.

هشدار: پس از انجام آزمایش‌ها، حتماً دماسنج‌ها را خاموش و مخزن را تخلیه نمایید.

لازم به ذکر است T1 و T2 به ترتیب دمای ستون اول و دوم، h11 و h12 به ترتیب ارتفاع آب قبل و بعد از

تبخیر، K1 و K2 به ترتیب هدایت محلول خروجی از ستون شفاف اول و دوم می‌باشد.

اکنون با توجه به مراحل بیان شده جدول زیر را تکمیل نمایید و با توجه به مشخصات مربوط به ابعاد کویل

و ستون‌های شفاف که در بالا ذکر شده محاسبات مربوطه را انجام دهید.

- با استفاده از موازنه جرم ناخالصی‌ها، مقدار گرمای منتقل شده را به دست آورید.

- ظرفیت تبخیرکننده و ضریب کلی انتقال حرارت تبخیرکننده را محاسبه کنید.

راهنمایی: بین هدایت الکتریکی و غلظت یک رابطه‌ی خطی وجود دارد، لذا براساس مقادیر هدایت الکتریکی

می‌توان غلظت آب در هر ستون را محاسبه کرد و با براساس موازنه‌ی جرم ناخالصی‌ها محاسبات خواسته-

شده را انجام داد.

ستون شفاف اول				ستون شفاف دوم			
T1 (°C)	h1 (cm)	h2 (cm)	t1 (s)	T2 (°C)	h1 (cm)	h2 (cm)	t2 (s)
دمای آب شهری =				K0= هدایت آب شهری			
دمای بخار ورودی به ستون شفاف اول =				K' = هدایت آب مقطر			
				K1= هدایت آب ستون شفاف اول			
				K2= هدایت آب ستون شفاف دوم			

سوالات:

- ۱- انواع تبخیرکننده‌ها را نام برده و توضیح دهید و در مورد کاربرد آنها در صنعت بحث کنید.
- ۲- در مورد فاکتور اقتصادی تبخیرکننده دو مرحله‌ای بحث نمایید.
- ۳- اگر خوراک ورودی به تبخیرکننده حساس به دما باشد چه روشی برای تبخیر آن پیشنهاد می‌کنید.
- ۴- چگونه می‌توان در عمل تبخیر میزان مصرف بخار برای یک مقدار جداسازی مشخص را کاهش داد؟

دستگاه استخراج جامد-مایع (لیچینگ)



مقدمه

استخراج یعنی انتقال یک ماده حل شده از یک فاز به فاز دیگر بوده و فاز ترکیب یا محلولی است که همه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در سرتاسر آن یکسان بوده و به طور آشکارا از ترکیب و یا محلول دیگر قابل تمیز باشد. مثلاً آب و نفت شامل دو فاز مایع است (یکی فاز نفت و دیگری فاز آب) و یا مخلوط فوق اشباع آب قند شامل دو فاز است (یکی فاز مایع آب قند و دیگری فاز جامد قند ته نشین شده). در عمل استخراج، با اضافه شدن حلال مناسب و غیرقابل اختلاط، به یک فاز (یا مخلوط)، ماده حل شده در مخلوط اولیه وارد فاز دوم می شود (حلال جدید) و از فاز اولیه جدا می شود؛ به شرط اینکه قابلیت انحلال ماده حل شده در فاز دوم بیشتر از فاز اول باشد. اگر ماده‌ای از فاز جامد به داخل فاز مایع استخراج شود، استخراج را جامد-مایع می‌گوییم؛ مانند تهیه چای. انتقال یک جسم از فاز مایع به مایع دیگر را استخراج مایع-مایع گویند. حذف یک ماده از آب به وسیله تتراکلرید کربن نمونه‌ای از استخراج مایع مایع است. استخراج، روش نسبتاً ساده-ای است و بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای خالص سازی بسیاری از ترکیبات حاصل از واکنش‌های شیمیایی و استخراج الکالوئیدها از برگ و یا پوست گیاهان و استخراج اسانس‌های مواد غذایی از دانه‌ها، گل‌ها، یا استخراج شکر از نیشکر و ... استفاده می‌شود. در بسیاری مواد غذایی، زیستی، آلی و غیرآلی به صورت یک مخلوط در فاز جامد موجود می‌باشند. برای جداسازی یک جزء مطلوب یا خارج کردن یک جزء نامطلوب از فاز جامد می‌توان از تماس فاز جامد با حلال مایع استفاده نمود. وقتی که دو فاز با هم در تماس هستند یک یا چند جزء حل شونده تمایل دارند از فاز جامد به فاز مایع نفوذ کنند که در نتیجه یک جداسازی بین اجزاء بوجود می‌آید. این جداسازی استخراج جامد-مایع یا لیچینگ نام دارد. در فرآیند استخراج جامد-مایع وقتی جزء نامطلوب توسط حلال آب از فاز جامد جدا می‌شود به فرآیند اصطلاحاً شستشو گویند. در استخراج جزء مطلوب از درون فاز جامد توسط حلال مایع به طور کلی مراحل زیر انجام می‌شود.

۱- جزء حلال از توده حلال تا سطح جامد نفوذ می‌کند.

۲- جزء حلال در جسم جامد نفوذ می‌کند.

۳- جزء حل شونده در حلال حل می‌شود.

۴- حلال و جزء حل شده از درون جسم جامد تا سطح جسم جامد نفوذ می کنند.

۵- جزء حل شده از سطح جامد تا توده حلال نفوذ می کند.

شرح دستگاه

این دستگاه برای استخراج روغن، از دانه های روغنی طراحی و ساخته شده است. به طور کلی دارای یک برج پر شده، یک مخزن برای قرار دادن جامد، یک تابلو فرمان و یک هیتر برای تنظیم دمای حلال می باشد. بر روی تابلو فرمان دستگاه اجزای زیر نصب شده است.

۱- دو کلید ۰ و ۱ که مربوط به هیتر برج تقطیر و هیتر تنظیم دمای حلال دستگاه می باشد.

۲- یک ولیوم کوچک که در پایین ترین بخش تابلو فرمان قرار داشته و مربوط به هیتر ته برج است که به وسیله این ولیوم می توان توان هیتر ته برج را تنظیم نمود.

۳- در سمت چپ تابلو فرمان دستگاه، یک خروجی قرار دارد که می توان به وسیله آن دماسنج ته برج را به کامپیوتر متصل نمود و دمای پایین برج را در هر لحظه نمایش داد.

۴- دمای تنظیم حلال: بر روی تابلو فرمان دستگاه یک نمایش دهنده دما نصب شده که دماسنج آن به مخزن کوچک هگزان وصل شده است و در هر هر لحظه دمای حلال ورودی به مخزن استخراج جامد را کنترل می نماید. با این کنترل کننده می توان دمای حلال را در مقادیر مورد نظر تنظیم نمود.

هشدار ۱: با روشن شدن دستگاه، باید دمای هیتر حلال (هیتر کوچکی که قبل از مخزن استخراج قرار دارد) به کمترین مقدار خود برسد. برای این کار با ON کردن تابلو فرمان، MD دماسنج بالا (دکمه وسط) را فشار دهید تا دماسنج به حالت چشمک زن در آید و دمای تنظیم شده پیش فرض را نشان دهد. سپس با کلیدهای جهتی، دمای پیش فرض را کم نمایید. در صورتی که مخزن این هیتر از هگزان خالی شده باشد و دمای پیش فرض هیتر نیز بالا تنظیم شده باشد، به دستگاه آسیب می زند.

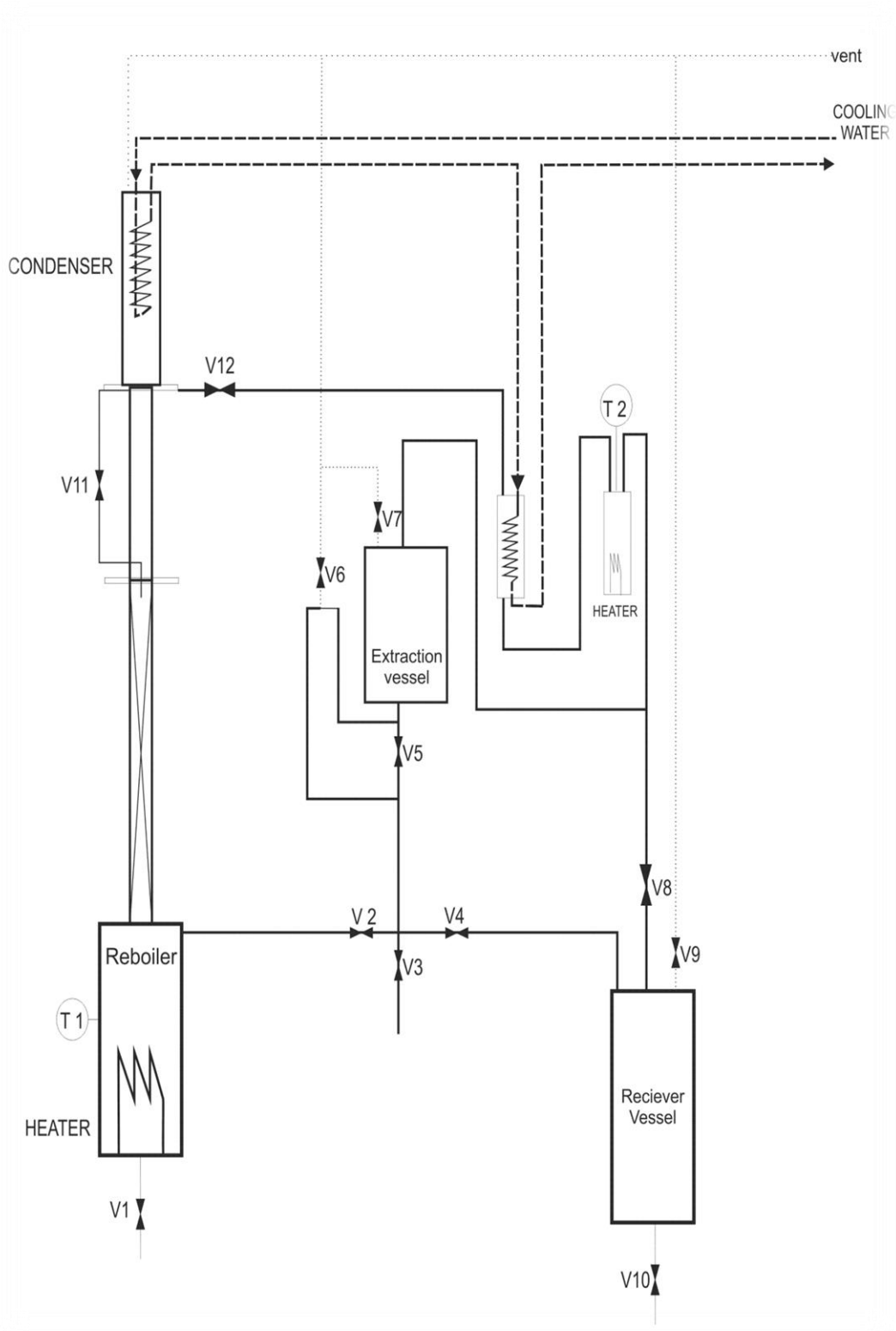
هشدار ۲: حتما پس از انجام آزمایش دستگاه (ستون، مخزن و مخزن استخراج) را از مواد شیمیایی به طور کامل خالی نمایید.

هشدار ۳: پس از انجام آزمایش حتما دستگاه را خاموش کرده، دو پایه برق دستگاه را از پریز برق بکشید.

هشدار ۴: در جوش آور برج تقطیر و مخزن شیشه‌ای سمت راست دستگاه، دو هیتر قرار دارد که حتما این دو مخزن باید به حدی هگزان داشته باشد که المان‌های حرارتی به طور کامل در مایع غوطه‌ور باشند. هیتر سمت راست برای تنظیم دمای حلالی که بر روی جامد قرار داده شده در مخزن استخراج می‌ریزد.

هشدار ۵: جریان آب متصل به دستگاه را از شیر آب ببندید.

در سمت راست دستگاه یک مخزن شیشه‌ای تعبیه شده است که در حالت استخراج پیوسته استفاده می‌شود. در سمت چپ مخزن استخراج مسیرهای سوسکسله قرار گرفته و شیرهای V2-V3-V4 در زیر مخزن استخراج، بر روی یک چهارراهه قرار دارد. به طور کلی ابتدا محلول در برج تقطیر - خالص‌سازی می‌شود، بدین منظور محلول هگزان و روغن در دیگ می‌جوشد و محلول تبخیر می‌شود، سپس بخار حاصل با گذر از ستون پر شده وارد کندانسور می‌شود. در کندانسور بخار میعان شده و محلول مایع وارد مسیر می‌شود. اگر شیر رفلاکس (V11) باز باشد که محلول رفلاکس می‌شود. اگر شیر محصول (V12) باز باشد محصول وارد کندانسور دوم می‌شود. در غیر اینصورت محصول در مخزن جمع می‌شود. در صورتی که شیر محصول باز باشد، در ادامه محصول به شیر V8 می‌رسد که می‌توان به وسیله این شیر محصول را وارد فرایند استخراج یا مخزن ذخیره نمود. اگر شیر V8 باز باشد محصول تقطیر شده وارد مخزن ذخیره حلال می‌شود. در صورت بسته بودن، هگزان وارد هیتر می‌شود و دمای آن به دمای موردنظر (تنظیم شده بر روی تابلو فرمان) می‌رسد. در ادامه حلال هگزان از بالای هیتر خارج شده و بر روی جامد می‌ریزد. بدین ترتیب روغن جامد را در خود حل کرده، سپس بسته به فرایند موردنظر می‌توان مسیر سوسکسله، پیوسته و یا حالت سرریز را انتخاب کرد. این دستگاه در ابتدای کار باید هواگیری شود، زیرا هوا در بالای مخزن تنظیم دمای مایع جمع می‌شود و از ورود مایع به مخزن استخراج جلوگیری می‌کند، برای رفع مشکل باید شیر بالای مخزن جمع‌آوری (شیر V8) را ۲ تا ۳ دقیقه باز نموده تا مایع هگزان از مخزن تنظیم دمای مایع، وارد مخزن جمع‌آوری شود و سیستم هواگیری گردد. سپس شیر V8 را بسته و طبق مراحل زیر آزمایشات را انجام دهید. در نمودار زیر نامگذاری شیرها و اجزای دستگاه مشاهده می‌شود.



آزمایش ۱

هدف: استخراج حالت پیوسته

مرحله اول

۱) ابتدا شیرهای V_5 و V_2 را باز و شیرهای V_4 و V_3 را بسته نگه دارید. پیچ‌های موجود بر روی مخزن استخراج را که کلاhek مشکی دارند را باز کرده و درپوش را به سمت عقب کمی حرکت دهید و $4/5$ لیتر هگزان را به در آن بریزد. این هگزان به داخل برج تقطیر (دیگ) هدایت می‌شود.

۲) دانه‌های روغنی را خرد کنید و دقت نمایید که دانه‌ها حتی‌الامکان حتما خرد شده باشد و از طرفی خردترین ذره نباید از قطر ۲ میلی‌متر کوچک‌تر باشد (بهتر است خیلی ریز نشود که از صافی عبور نماید). توری فلزی موجود داخل مخزن استخراج را بیرون بیاورید.

۳) ابتدا توری را وزن کرده و توری را از دانه‌های روغنی خرد شده پر نمایید و دوباره با دقت صدم گرم، وزن توری و دانه‌ها را اندازه‌گیری نمایید. توری را در محل خود قرار داده و درپوش آن را با دقت ببندید. آب شهری را به کندانسور وصل نموده و دستگاه را فعال نمایید.

۴) در صورتی که هگزان را تازه ریخته‌اید نیازی به رفلاکس نداشته و شیر آن را کامل ببندید، در غیر این صورت مقدار کمی شیر رفلاکس را باز نمایید تا حلال رفلاکس شده و محصول خالص‌تر گردد. دمای جوش‌آور را ۷۰ تنظیم نمایید در صورتی که سیستم زیاد کف کند آن را کاهش دهید. (مثلاً حدود ۶۵ درجه قرار دهید، تنظیم این دما مقدار روغن حل شده در هگزان بستگی دارد به همین دلیل باید با توجه به کف ایجاد شده و جلوگیری از حالت طغیان دستگاه، دمای آن تنظیم گردد). شیر محصول را کامل باز نمایید و اجازه دهید هگزان وارد کندانسور دوم شود.

۵) شیر V_8 را ببندید تا هگزان وارد هیتر شود. دمای هیتر را بر روی ۳۵ درجه تنظیم نمایید. با جاری شدن هگزان بر روی دانه‌های روغنی استخراج شروع می‌شود.

۶) شیرهای V_4 و V_5 (زیر مخزن استخراج) و V_6 را باز کرده و شیر V_3 را ببندید، هگزان که روغن دانه‌ها را در خود حل کرده است، وارد مخزن جمع‌آوری می‌شود. این فرآیند را ادامه دهید تا سطح هگزان در ستون تقطیر، به سطح فلزی مخزن شیشه‌ای دیگ بخار برسد.

۷) درپوش را باز کرده دانه‌های روغنی را خارج نموده و با حرارت ملایم (در صورت نبودن آون) می‌توان در آفتاب (در هوای گرم) پهن نمود تا هگزان آن تبخیر شود. پس از خشک شدن دانه‌ها، آن‌ها را وزن کنید و تغییر جرم آن را محاسبه نمایید. حلال هگزان را از مخزن جمع‌آوری کننده (Receiver Vessel) خارج و حجم آن را اندازه‌گیری نمایید. حلال را سریع به برج برگردانید تا تبخیر نشود.

مرحله دوم (برای صرفه‌جویی در زمان، مدت زمانی که طول می‌کشد دانه‌ها خشک شود می‌توان آزمایش ۲ انجام شود).

۸) وزن دانه‌های خشک شده مرحله اول را اندازه‌گیری نمایید و آن را دوباره در مخزن استخراج قرار دهید.

۹) مراحل قبلی را یکبار دیگر تکرار نموده و دوباره کاهش جرم را اندازه‌گیری نمایید.

۱۰) در صورت وقت کافی مرحله سوم نیز مشابه مرحله دوم تکرار شود.

هشدار: نباید سطح هگزان از سطح فلزی ته دیگ بخار پایین‌تر باشد زیرا باعث سوختگی هیتر می‌شود. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

آزمایش ۲

هدف: استخراج با حالت سوکسله

۱) دانه‌های روغنی خرد شده تازه آماده کنید و در مخزن استخراج قرار دهید.

۲) همه مراحل آزمایش ۱ را انجام دهید. با این تفاوت که V_4 و V_5 باید بسته و V_2 باز باشد، V_6 را

ببندید و دستگاه را فعال نمایید، اجازه دهید تقطیر شروع شود. رفلکس را کمی باز نموده اجازه

دهید هگزان بر روی دانه‌های روغنی بریزد و دمای هیتر، را بر روی ۳۵ درجه تنظیم نمایید. صبر کنید تا مخزن استخراج از هگزان پر شود، وقتی که این مخزن پر شود به‌طور خودکار خالی می‌شود. (۳) اجازه دهید که سه بار سوکسله اتفاق بیفتد با اتمام این سه مرحله، دانه‌های روغنی را خارج کرده و پس از خشک شدن، وزن دانه‌ها را اندازه‌گیری نمایید و کاهش جرم آن را حساب نمایید. توجه: در حالت سوکسله، باید شیر V6 بسته و شیر V7 باز باشد تا حالت سوکسله انجام شود. در غیر اینصورت انجام نمی‌شود. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

آزمایش ۳

هدف: بررسی تاثیر دما بر استخراج جامد- مایع

دانه‌های روغنی خرد شده تازه سویا تهیه نموده و در مخزن استخراج قرار دهید، دمای هیتر را از ۳۵ درجه به ۵۰ درجه برسانید آزمایش ۱ را فقط برای یکبار انجام دهید و درصد انتقال روغن به هگزان را تعیین نمایید. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

آزمایش ۴

هدف: بررسی درصد استخراج روغن در حالت سرریز

- (۱) مطابق مرحله اول آزمایش ۱ انجام شود با این تفاوت که V_5 و V_2 بسته و شیر V_6 و V_4 باز باشد.
- (۲) در این حالت نیز هگزان بر روی جامد می‌ریزد و تقریباً تا پر شدن مخزن استخراج فرایند ادامه می‌یابد. سپس سر ریز می‌شود و وارد مخزن جمع‌آوری می‌شود.
- (۳) این فرآیند را انجام دهید و در نهایت جرم کم شده دانه‌های روغنی را اندازه بگیرید. سپس حلال هگزان موجود در مخزن جمع‌آوری را اندازه گرفته و سریع حلال را به برج منتقل نمایید. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

آزمایش ۵

مرحله سوکسله برای دمای ۵۰ درجه هگزان تکرار نمایید. این بار نیز سه بار سوکسله شدن را تکرار کنید و در نهایت جرم روغن را اندازه‌گیری نمایید. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

آزمایش ۶

آزمایش سوکسله را در حالی که هگزان پس از استخراج وارد مخزن جمع‌آوری شود برای ۴/۵ لیتر هگزان تکرار نمایید. برای این کار کافی است شیر V_4 و V_7 باز و V_2 , V_3 , V_5 , V_6 بسته باشد. درصد روغن استخراج شده را محاسبه کنید.

سوالات:

- ۱- در مورد کاربرد استخراج جامد-مایع (لیچینگ) در صنایع مختلف توضیح دهید.
 - ۲- مراحل نفوذ سیال هگزان در دانه روغنی را به ترتیب بیان کنید و در مورد هر یک شرح مختصری داده و هر یک از مراحل نفوذ را با رسم شکل نشان دهید.
 - ۳- در فرآیند استخراج جامد-مایع چه عواملی در انتخابی حلال موثر هستند؟
 - ۴- انواع روش های استخراج را نام برده و در مورد هر یک شرح دهید.
 - ۵- در حالت کارکرد برج به صورت پیوسته، موازنه جرم را بنویسید.
 - ۶- فرض کنید که یک دانه روغنی به شکل کاملاً کروی و همگن در سیال هگزان غوطه ور باشد، شعاع دانه را r و ضریب نفوذ روغن در حلال را D در نظر بگیرید.
- الف- یک مدل ریاضی برای پروفایل غلظت روغن در حلال بدست آورید، با این فرض که حلال اطراف دانه کاملاً ساکن باشد.
- ب- پروفایل غلظت روغن در داخل دانه روغنی را با ضریب نفوذ موثر D_{eff} بدست آورید.
- ج- مکانیزم‌های انتقال را در حالتی که اطراف دانه کروی جریان حرکت داشته باشد، را توصیف نمایید.