فصل ۲

دستگاه‌های حرارتی

در صنایع شیمیایی، همهٔ فرآیندها در دمای محیط انجام نمی‌شوند. هنگامی‌که در بخشی از فرآیند دما بالا باشد، استفاده از دستگاه‌های حرارتی و آگاهی از طرز عملکرد آن‌ها لازم است.

واحد یادگیری ۲: دستگاه‌های حرارتی

مقدمه

در صنایع شیمیایی، دستگاه‌های حرارتی برای انتقال حرارت استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از هر یک از این دستگاه‌ها به هدف انتقال حرارت بستگی دارد؛ به‌عنوان مثال، هنگامی‌که هدف انتقال حرارت بین دو سیال باشد و هر دو سیال مهم باشند، از مبدل‌های حرارتی استفاده می‌شود. اگر هدف از انتقال حرارت، خنک کردن آب باشد، کافی است از برج‌های خنک‌کننده استفاده شود تا آب گرم، خنک شود و اگر تبخیر رطوبت یک ماده، هدف باشد، از خشک‌کن‌ها استفاده می‌شود تا از طریق انتقال حرارت، رطوبت ماده را خارج کنیم. در این بخش دستگاه‌های حرارتی، مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک کننده و خشک‌کن‌ها معرفی می‌گردند. روش عملکرد، اصول حاکم بر هر یک از این دستگاه‌ها و انواع آن معرفی خواهد شد و با انجام آزمایش و بازدیدهای علمی، طرز عملکرد هر یک را بهتر درک خواهید نمود.

استاندارد عملکرد

کار با مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده و خشک‌کن‌ها مطابق با دستورالعمل

شایستگی‌های غیر فنی:

۱- اخلاق حرفه‌ای: حضور منظم و وقت شناسی، انجام وظایف و کارهای محوله، پیروی از قوانین؛
۲- مدیریت منابع: شروع به‌کار به موقع، مدیریت مؤثر زمان، استفاده از مواد و تجهیزات؛
۳- کار گروهی : حضوری فعال در فعالیت‌های گروهی- انجام کارها و وظایف محوله؛
۴- مستندسازی: گزارش‌نویسی فعالیت‌های آزمایشگاهی؛
۵- محاسبه و کاربست ریاضی.

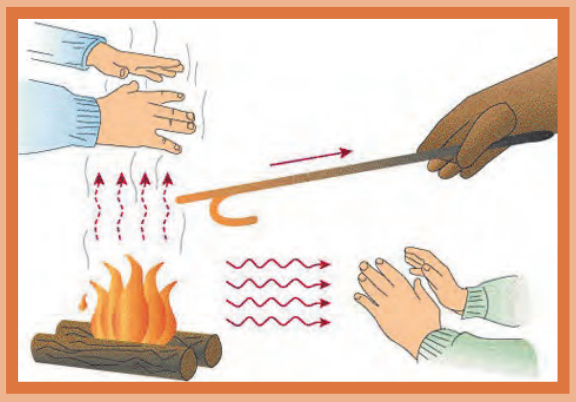
شایستگی‌های فنی:

۱- کار با مبدل‌های حرارتی؛
۲- کار با برج‌های خنک‌کننده؛
۳- کار با خشک‌کن‌ها.

۱-۲- انتقال حرارت

بحث کنید

آتش چگونه دست ما را گرم می‌کند؟



در اکثر کارخانجات صنایع شیمیایی اعم از پالایشگاه‌های نفت، گاز و پتروشیمی تبادل حرارت از جریان یا مواد اصلی فرایند اجتناب‌ناپذیر است. این تبادل حرارت ممکن است با یک سیال دیگر فرآیند، آب، بخار آب، هوا و یا مانند آن صورت گیرد تا دمای آن افزایش یا کاهش یابد. رادیاتور موتور خودرو که آب در گردش داخل موتور را با جریان هوا خنک می‌کند، یا شوفاژها و سیستم‌های تهویه از انواع دستگاه‌های حرارتی هستند.

نیروی محرکهٔ انتقال حرارت، اختلاف دما می‌باشد. به این معنی که تا زمانی‌که اختلاف دمایی بین دو جسم برقرار نباشد، انتقال حرارتی صورت نمی‌گیرد؛ به‌طور کلی سه روش برای انتقال حرارت وجود دارد که عبارتند از: رسانایی[۱]، جابه‌جایی[۲] و تشعشع[۳] (تابش). روش انتقال حرارت رسانایی به تبادل حرارت از درون یک جسم جامد گفته می‌شود که از طریق جنبش مولکول‌ها و الکترون‌ها صورت می‌پذیرد. وقتی جسم گرم می‌شود سرعت مولکول‌هایش به‌سرعت افزایش می‌یابد لذا مولکول‌ها با انرژی بالا به مولکول‌های نزدیک برخورد نموده و آن‌ها را نیز به حرکت وا می‌دارد بدین ترتیب انرژی گرمایی منتقل می‌شود.وقتی دست خود را با شوفاژ تماس می‌دهیم، انتقال حرارت رسانایی باعث گرم شدن دست ما می‌شود. انتقال حرارت جابه‌جایی به تبادل حرارتی از طریق حرکت سیال‌ها (مایع و گاز) اطلاق می‌شود، خنک شدن بدن از طریق هوای کولر و گرم شدن بدن از طریق هوای بخاری خودرو از نمونه‌های انتقال حرارت جابه‌جایی است. انتقال حرارت به‌روش تشعشع زمانی کاربرد دارد که اختلاف دمای دو سطح بسیار زیاد باشد، به عنوان مثال هنگامی‌که نزدیک شعله‌های آتش باشیم، تشعشع زبانه‌های آتش باعث گرم شدن ما می‌شود.

۱-Conduction
۲-Convection
۳-Radiation

فیلم

فیلـم روش‌هـای انتقال حـرارت را مشـاهده نمایید و در مورد روش‌های مورد اسـتفاده بـرای انتقال حرارت بـا هم‌کلاسـی‌های خود بحـث نمایید.

دسـتگاه‌های حرارتـی بـا توجـه بـه هـدف از تبـادل حـرارت، نـوع سـیال‌های تبـادل دهنـده، حـرارت و میـزان تبـادل حـرارت سـیال، انـواع مختلفـی دارنـد و به‌صـورت زیـر نام‌گـذاری می‌گردنـد:

جدول ۱-۲- نام‌گذاری دستگاه‌های حرارتی بر اساس سیال‌های تبادل دهنده و هدف ا ز تبادل

دسته‌بندی	سیال‌های تبادل دهنده	هدف	نام رایج در صنعت
مبدل حرارتی[1]	دو جریان فرآیندی[2]	کاهش دمای یک جریان و افزایش دمای جریان دیگر	Process to Process Heat Exchanger
	جریان فرآیندی - آب	سرد کردن جریان فرایندی	Water Cooler
	جریان فرآیندی - بخار	گرم کردن جریان فرایندی	Steam Heater
کولر هوایی	جریان فرآیندی - هوا	سرد کردن جریان فرایندی	Air Cooler
کوره	جریان فرآیندی - گاز حاصل از احتراق	گرم کردن جریان فرایندی به میزان بیشتر نسبت به گرم‌کننده	Fired Heater
برج خنک‌کننده	آب - هوا	سرد کردن آب برای استفاده در خنک‌کننده آبی	Cooling Tower
خشک‌کن	جامد مرطوب - هوا	خشک کردن رطوبت جامد	Dryer
دیگ بخار	آب - گاز بدست آمده از احتراق	تولید بخار برای استفاده در گرم‌کننده	Boiler

روش‌هـای انتقـال حـرارت رسـانایی و جابه‌جایـی در همه دسـتگاه‌های حرارتی فـوق کاربرد دارنـد، در حالی که روش تشعشـع تنهـا در کوره‌هـا و دیگ بخار اسـتفاده می‌شـود.

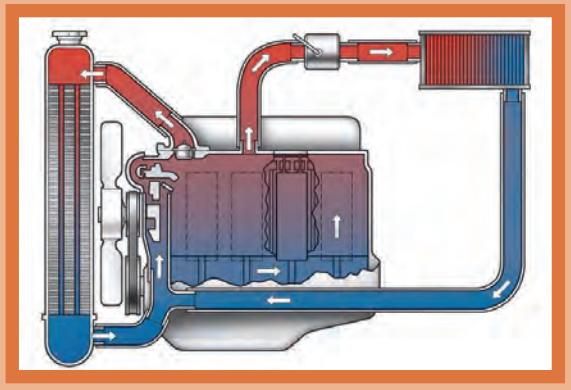
۱- Heat Exchanger

۲- جریان فرایندی : جریان مایع یا گازموجود در یک کارخانه را جریان فرایندی می‌گویند

۲-۲- مبدل‌های حرارتی

بحث کنید

نحوهٔ عملکرد شوفاژها و رادیاتور ماشین را مقایسه نموده و شرح دهید؟



مبدل‌های حرارتی به آن دسته از دستگاه‌های حرارتی گفته می‌شود که در آن‌ها تبادل حرارت بدون تماس مستقیم بین دو سیال فرایندی، آب و یا بخار از طریق رسانایی دیوارهٔ لوله‌ها و نیز انتقال حرارت از نوع جابه‌جایی سیال صورت می‌گیرد. حرارت از سیال گرم به دیوارهٔ لوله‌ها و سپس به سیال سرد منتقل می‌گردد.

انواع مبدل‌های حرارتی بر اساس نوع جریان

فیلم

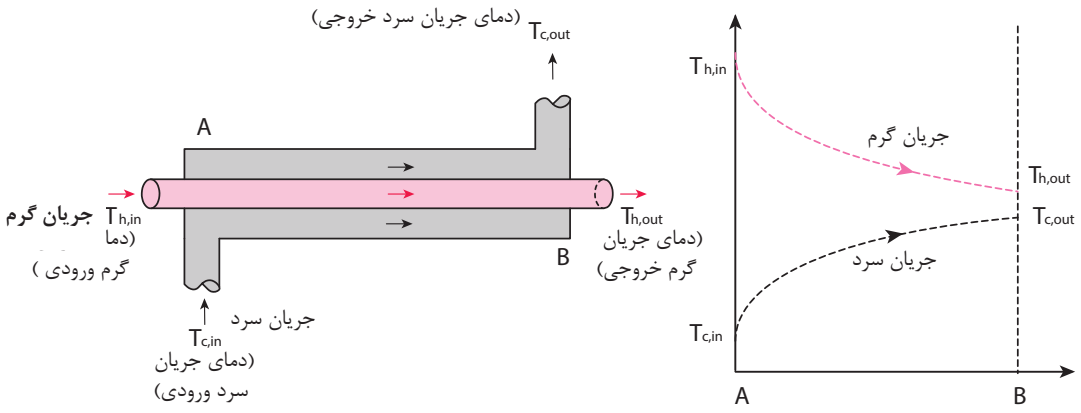
فیلم مبدل‌های دو لوله‌ای را ببینید و به همسو و ناهمسو بودن جریان ها توجه نمایید. کدام یک کارایی و بازدهی بیشتری دارد؟

در مبدل های حرارتی نحوهٔ عبور جریان سرد و گرم یکی از مشخصه های مهم است که در میزان اختلاف دما (به‌عنوان نیروی محرکهٔ تبادل حرارت) تأثیر دارد و به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود:

جریان هم‌سو [۱]

در مبدل‌های با جریان هم سو، جریان سرد و جریان گرم از یک سو وارد مبدل شده و از سمت دیگر خارج می‌گردند (شکل ۱-۲).

۱-Co-Current

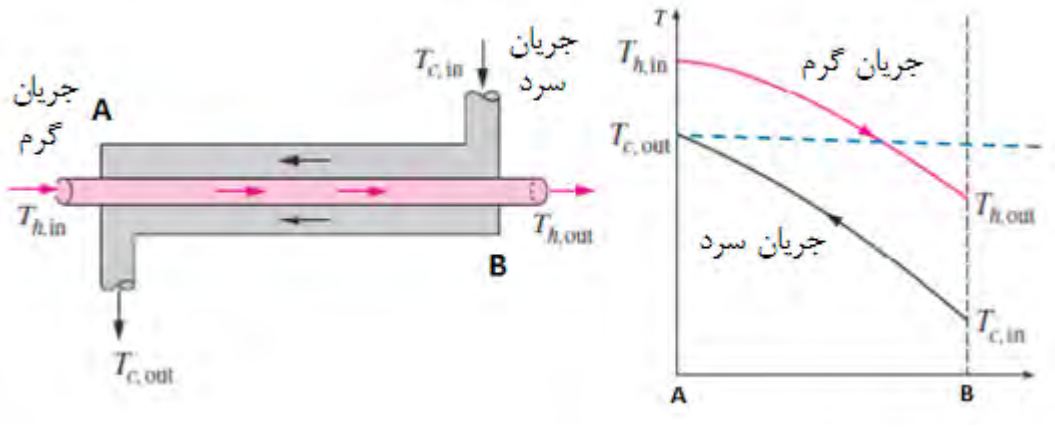


شکل ۱-۲- جریان هم‌سو در مبدل‌ها و نحوه تغییرات دما

در ایـن حالـت اختـلاف دمـا در امتـداد مبـدل کاهش یافتـه و در نتیجه از شـدت انتقال حرارت به مرور کاسـته می‌شـود و بـرای هم‌دمـا شـدن دو سـیال، بـه میـزان بی‌نهایـت سـطح انتقال حـرارت مورد نیـاز اسـت. این نوع جریـان بازدهی کمی نسـبت به سـطح انتقال حـرارت دارد.

جریان ناهم‌سو[1]

در مبدل‌های با جریان ناهم‌سو، جریان گرم و سرد از دو سمت مخالف وارد می‌شوند (شکل ۲-۲).



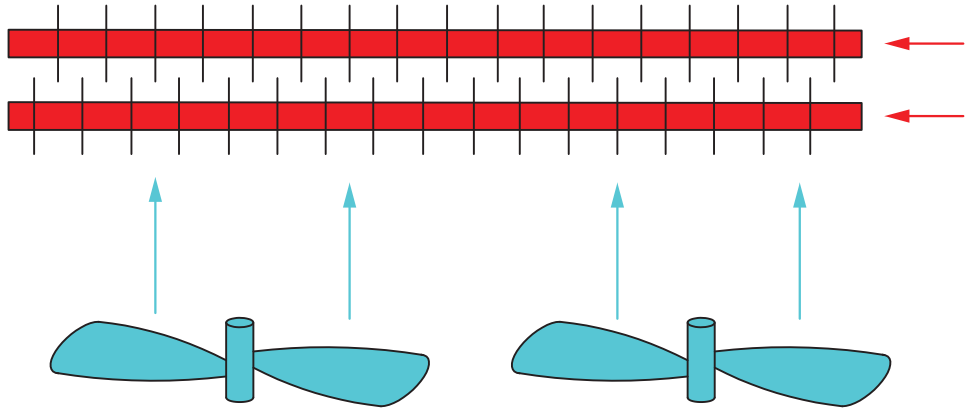
شکل ۲-۲- جریان ناهم‌سو در مبدل ها و نحوه تغییرات دما

در جریان‌هـای متقابـل یـا ناهم‌سـو، اختـلاف دمـای دو سـیال در امتـداد مبـدل تقریبـا ثابـت اسـت و انتقـال حـرارت به‌خوبـی صـورت می‌پذیـرد. ایـن نـوع جریـان به‌علـت بازدهـی بالاتـر نسـبت به سـطح انتقـال حرارت کاربـرد وسـیع‌تری دارد.

۱- Counter Current

جریان متقاطع[1]

در ایـن حالـت جریان‌هـای سـرد و گـرم بصـورت متقاطـع از کنـار یکدیگـر عبـور می‌کننـد، کـه در کولرهـای هوایـی اتفـاق می‌افتـد (شـکل ۳-۲).



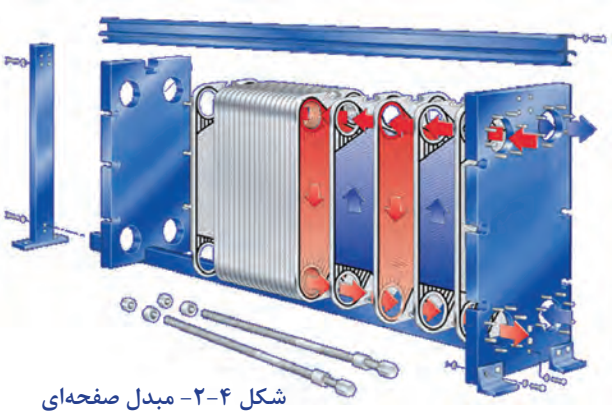
شکل ۳-۲- جریان متقاطع در کولرهای هوایی

۳-۲- انواع مبدل‌های حرارتی براساس ساختمان آنها

مبدل‌های‌حرارتـی بـر اسـاس سـاختمان، به‌سـه دسـته مبدل‌هـای صفحـه‌ای[2] و مبدل‌هـای با سـطوح پـره‌دار[3] ومبدل‌هـای لولـه‌ای[4]، تقسـیم‌بندی می‌شـوند.

مبدل‌های صفحه‌ای

ایـن مبدل‌هـا از صفحـات نـازک بـا سـطوح چیـن‌دار تشـکیل شـده اسـت (شـکل ۴-۲) کـه سـیال‌های سـرد و گـرم را از یکدیگـر جـدا می‌سـازند. صفحه‌هـا با اسـتفاده از واشـر، جوش یـا لحیـم بـه یکدیگـر متصـل می‌گردنـد تـا از نشـت سـیال جلوگیری شـود.



شکل ۴-۲- مبدل صفحه‌ای

۱-Cross Flow
۲-Plate and Frame Heat Exchanger
۳-Finned Surfaces Heat Exchanger
٤- Tubular Heat Exchanger

مبدل‌های صفحه‌ای از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

۱ - صفحهٔ ثابت؛ ۲- صفحه‌های انتقال حرارت؛ ۳- صفحهٔ متحرک؛ ۴- تکیه‌گاه؛ ۵- میله حامل؛ ۶- پیچ محکم‌کننده.

در این مبدل‌ها نسبت سطح انتقال حرارت به حجم مبدل زیاد است، و به همین دلیل در زمان کوتاهی انتقال حرارت انجام می‌شود. مبدل‌های صفحه‌ای سبک‌ترین نوع مبدل است و معمولاً برای انتقال گرما بین گاز- مایع یا جریان‌های دو فازی استفاده می‌شوند؛ اما فشار و دمای عملیاتی آن کم است و برای سیالات خطرناک و عملیات در شرایط خلأ مناسب نیستند.

فیلم

فیلم مبدل‌های صفحه‌ای را ببینید و در مورد نحوه عملکرد آن بحث کنید.

مبدل‌های با سطوح پره‌دار

در این نوع مبدل‌ها سطح صفحه یا لوله دارای پره (یا فین) می‌باشد. با توجه به اینکه ضریب انتقال حرارت در سمت گاز از سمت مایع کوچک‌تر است، با نصب پره‌ها در سمت گاز و ایجاد اغتشاش در آن، ضریب انتقال حرارت و در نتیجه میزان تبادل حرارت افزایش می‌یابد. در شکل ۵-۲ لوله‌های پره‌دار نشان داده شده است.

پره‌ها(فین‌ها) بصورت‌های طولی، عمود بر لوله یا مارپیچ روی لوله قراردارند. از این لوله‌های پره‌دار، عمدتاً در کولرهای هوایی استفاده می‌شود.

شکل ۵-۲- لوله‌ای پره‌دار مورد استفاده در مبدل‌های با سطوح پره‌دار

مبدل‌های لوله‌ای

فیلم

فیلم مبدل‌های دو لوله ای را ببینید و به هم‌سو و ناهم‌سو بودن جریان‌ها توجه نمایید. کدام یک کارایی و بازدهی بیشتری دارد؟

مبدل‌های لوله‌ای از رایج‌ترین مبدل‌های حرارتی هستند، که نوع دو لوله‌ای[۱] و پوسته-لوله‌ای[۲] آن پرکاربردترین گونه‌های آن است. در نوع دو لوله‌ای، یک لوله در داخل لوله‌ای با قطر بزرگتر قرار می‌گیرد. در مبدل‌های پوسته-لوله ای یک دسته لوله داخل پوسته قرار می‌گیرد. در این مبدل ها سیال‌های سرد یا گرم از یک سمت وارد لوله و از سمت دیگر آن خارج می‌شود. سیال دوم نیز به لوله بزرگ‌تر و یا پوسته وارد شده و پس از تبادل حرارت از سمت دیگر خارج می‌شوند.

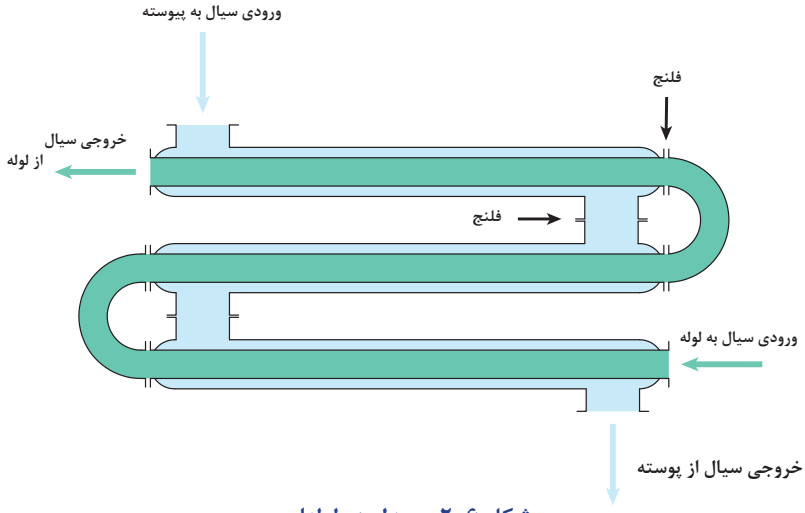
۱- Double Pipe Heat Exchanger
۲- Shell and Tube Heat Exchanger

مبدل حرارتی دو لوله‌ای

این مبدل‌ها از دو لوله هم محور تشکیل شده است (شکل ۶-۲). کاربرد این تجهیز حرارتی هنگامی است که سطح مورد نیاز برای انتقال حرارت کوچک باشد و یا هنگامی‌که جریان یکی از دو سیال کم یا گرانروی آن زیاد باشد.

فکر کنید

در شکل ۶-۲ جریان‌ها به‌صورت هم‌سو، ناهم‌سو و یا متقاطع است؟ هر یک در کدام بخش اتفاق می‌افتد.



شکل ۶-۲- مبدل دو لوله‌ای

به تعداد تماس سیال سرد و گرم، گذر[1] گفته می‌شود؛ به عنوان مثال در شکل ۶-۲ مبدل دارای سه گذر می‌باشد.

فعالیت کارگاهی

در این آزمایش عملکرد مبدل حرارتی دو لوله‌ای را مورد بررسی کنید. وسایل مورد نیاز:

۱- لولهٔ ۰/۲۵ اینچی برای عبور آب گرم؛

۲- لولهٔ ۰/۷۵ اینچی برای عبور آب سرد؛

۳- مخزن ذخیرهٔ آب گرم؛

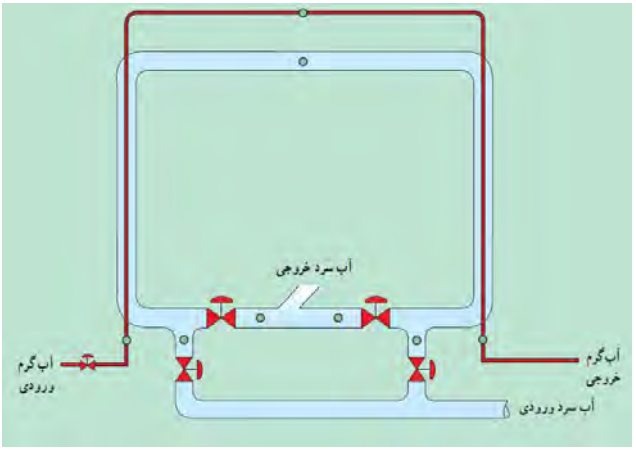
۴- پمپ انتقال آب؛

۵- ۴ عدد شیر برای بستن یا باز کردن مسیرهای آب گرم و سرد؛

۶- ۷ عدد دماسنج؛

۷- عایق برای عایق‌بندی لوله‌های آب سرد و گرم.

۱-Pass



آزمایش مبدل حرارتی دولوله ای - U -

نکته ایمنی

۱- هنگام کار کردن با منبع سیال گرم با دمای بالا و استفاده از سطوح داغ، از دست‌کش‌های عایق حرارتی استفاده کنید.
۲- هنگام کار با دستگاه دقت کنید تا آب داخل مخزن همواره پر باشد.

مراحل انجام آزمایش:

۱- آب گرم درون مخزن را تا دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس گرم نمایید؛
۲- پمپ انتقال آب را روشن نمایید؛
۳- شیرهای آب سرد را باز نمایید تا آب سرد به‌صورت هم‌سو با آب گرم در لوله بیرونی جریان یابد؛
۴- دمای نقاط مختلف را در جدول زیر یادداشت نمایید. متوجه خواهید شد که پس از مدتی دمای نقاط به ثبات رسیده‌اند. در این هنگام، مبدل حرارتی به حالت پایداری رسیده است. مرحلهٔ اول آزمایش در این زمان به اتمام می‌رسد.
۵- شیرهای آب سرد را به گونه‌ای باز کنید تا بصورت ناهم‌سو با جریان آب گرم حرکت نماید و دوباره دمای نقاط را تا در زمان‌های متناظر با حالت هم‌سو، تا زمان رسیدن به حالت پایا یادداشت کنید؛
۶- دمای نقاط متناظر در حالت جریان هم سو و جریان ناهم سو را با هم مقایسه و نتیجه‌گیری نمایید؛
۷- نمودار دمایی پایدار آب سرد و گرم در دو حالت آزمایش را ترسیم نمایید.

با توجه به کمبود منابع آب در کشور، آب خروجی از مبدل (آب سرد و آب گرم) به مخزن آب هدایت شده و مجدداً استفاده گردد.

پرسش

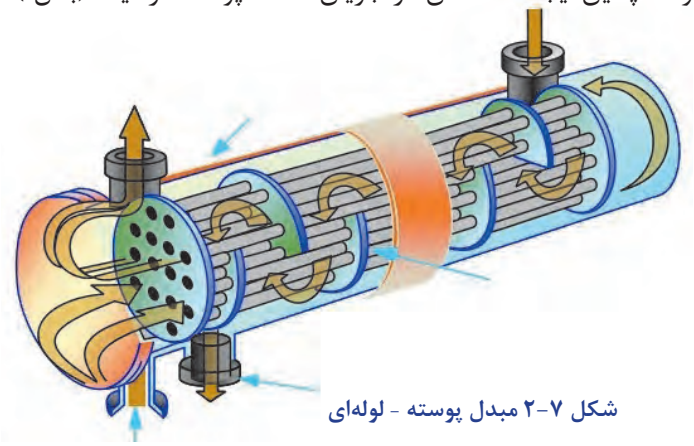
۱ : در این آزمایش مقدار جریان و دمای آب سرد و گرم ورودی در هر دو حالت می‌بایست یکسان باشد. علت چیست؟
۲ : در صورتی‌که مخزن آب در حال کار خالی شود، چه مشکلی می‌تواند ایجاد کند؟

جدول ثبت نتایج:

زمان(دقیقه)		۳۰	۶۰	...	...	...		
دمای آب سرد ورودی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							
دمای آب سرد میانی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							
دمای آب سرد خروجی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							
دمای آب گرم ورودی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							
دمای آب گرم میانی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							
دمای آب گرم خروجی (سلسیوس)	هم‌سو							
	ناهم‌سو							

مبدل حرارتی پوسته - لوله

مبدل‌های پوسته-لوله (شکل ۷-۲)، کاربرد بسیار وسیعی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع غذایی دارند. این نوع مبدل از پوسته[۱]، دستهٔ لوله[۲]، کله‌گی جلو[۳] و کله‌گی عقب[۴] تشکیل شده است. به محل ورود و خروج جریان‌ها نازل[۵] می‌گویند. دسته لوله‌ها با استفاده از صفحهٔ لوله[۶] در ابتدا و انتها آن ثابت شده است، و برای ثابت نگه داشته شدن لوله‌ها و همچنین ایجاد اغتشاش در جریان سمت پوسته، از تیغه (بافل[۷]) استفاده می‌شود.



شکل ۷-۲ مبدل پوسته - لوله‌ای

فیلم

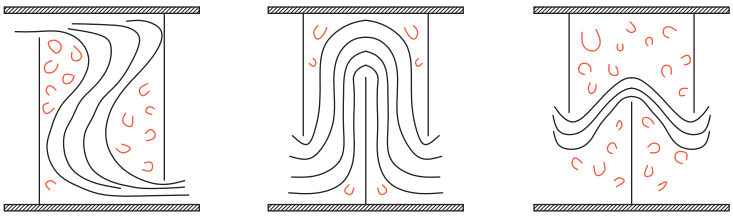
فیلم مبدل‌های پوسته-لوله ای را ببینید و در مورد اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن بحث کنید.

فعالیت کارگاهی

در آزمایشی مشابه فعالیت کارگاهی مبدل حرارتی دولوله ای ، عملکرد مبدل حرارتی پوسته- لوله را بررسی نمایید

پرسش

در کدام شکل زیر، اندازه و طراحی تیغه مناسب است؟ دلیل خود را بیان کنید.



نکته ایمنی

۱- در صورتی که یک سیال سمی یا دارای خورندگی بالا باشد، می‌بایست از درون لوله‌ها جریان یابد؛زیرا تعویض و تمیز کردن لوله‌ها به‌راحتی انجام پذیر است.

۲- در صورتی که جریان درون پوسته دارای دمای بالاتر از ۶۰ درجهٔ سلسیوس باشد، پوستهٔ مبدل می‌بایست عایق‌بندی شود.

۳- همه اتصالات می‌بایست به‌خوبی بسته شوند تا از نشت سیال به بیرون جلوگیری شود.

۱- Shell
۲- Tube Bundle
۳-Front End Head
۴-Rear End Head
۵- Nozzle
۶-Tube sheet
۷-Baffle

۴-۲- برج‌های خنک کننده

در اکثر کارخانجات کوچک و بزرگ، یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین دستگاه‌ها می‌توان انواع برج‌های خنک‌کننده را نام برد. برج‌های خنک‌کننده علاوه بر آب به منظور خنک کردن سیالاتی دیگر در صورت لزوم مورد استفاده واقع می‌شود.

برج‌های خنک‌کننده و چیلرها جهت خنک‌سازی آب استفاده می‌شوند. در برج‌های خنک کننده حرارت اضافی آب را به وسیلهٔ هوا و تبخیر آب، خنک می‌کنند تا حرارت ایجاد شده در فرایند را دفع کنند .برج خنک‌کننده یا برج خنک‌کن[۱] برای کاهش دمای آب در فرایندهای سردسازی سیستم‌های تهویه مطبوع، نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها و دیگر واحدهای صنعتی استفاده می‌شود. این دستگاه حرارتی در قرن نوزدهم برای استفاده در موتور بخار کاربرد پیدا کرد.

پرسش

در تمام کارخانه‌ها تعداد زیادی دستگاه‌های مبدل حرارتی وجود دارد که در بیشترآنها آب عامل سردکنندگی است. علت چیست؟

فرض کنید در یک واحد صنعتی، مبدلی جهت سرمایش جریان فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مبدل آب مورد استفاده از دمای ۳۰ درجه سلسیوس به دمای ۴۰ درجه سلسیوس می‌رسد.
آب مورد استفاده جهت سرد کردن جریان، می‌تواند از دریا فراهم گردد. در این صورت، آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به سمت دریا هدایت می‌شود.

نکته زیست محیطی

دمای آب ورودی به دریا و رودخانه نباید از حد مجاز که از سوی سازمان محیط زیست اعلام می‌گردد بیش‌تر باشد، زیرا موجب تغییر در اکوسیستم آن و صدمه به آبزیان می‌گردد.

اما اگر واحد صنعتی در شهرهای غیر ساحلی قرار گرفته باشد، می‌بایست از آب بصورت گردشی استفاده نمود تا از اتلاف آب جلوگیری شود. در این صورت، هنگامی که دمای آب از ۳۰ درجهٔ سلسیوس به ۴۰ درجه سلسیوس رسید، دیگر برای خنک کردن دوباره مناسب نیست و برای استفادهٔ مجدد از آن، باید آن را به دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم.

۱- Cooling Tower

پرسش

چرا در مثال بالا آب با دمای ۴۰ درجه سلسیوس برای خنک‌سازی جریان فرایندی مناسب نیست؟

برج‌های خنک‌کننده دارای اندازه‌های مختلفی هستند، که از برج‌های نصب شده بر روی بام ساختمان‌ها تا سازه‌های هذلولی شکل که ارتفاع آن ممکن است به ۲۰۰ متر و قطر ۱۰۰ متر نیز برسد، متغیر است. در رابطه با برج‌های خنک کننده، تقسیم‌بندی‌های مختلفی می‌توان انجام داد. سه مشخصه مهم در برج‌های خنک‌کن عبارتند از:

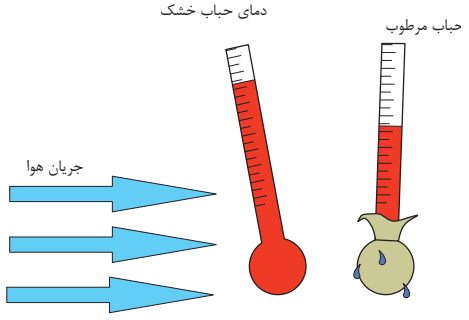
۱- روش انتقال حرارت: تماس بین آب و بخار می‌تواند بصورت مستقیم یا غیر مستقیم انجام بگیرد.

۲- نحوه گردش هوا: هوا می تواند بصورت طبیعی و یا بصورت مکانیکی (بوسیله پنکه یا فن) انجام شود.

۳- نحوهٔ حرکت هوا نسبت به جریان آب (جریان هم‌جهت، جریان متقابل و جریان متقاطع).

دمای حباب خشک[۱] و دمای حباب مرطوب[۲]

یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های تأثیرگذار در عملکرد برج خنک‌کننده، دمای حباب مرطوب و دمای حباب خشک است. دمای حباب خشک دمایی است که با یک دماسنج که به‌طور مستقیم در معرض هوا و به دور از رطوبت و تشعشع مستقیم قرار گرفته باشد، اندازه‌گیری می‌شود.



دمای هوای که به وسیله دماسنجی که حباب آن توسط یک پارچه خیس پوشانده شده است و با محیط اطراف خود در تماس است نشان می دهد را دمای مرطوب می نامند. این دما کمتر از دمای هوای خشک است

این دما در سیستم های تبخیری و برج خنک کننده تعیین کننده می باشد و حداقل دمایی است که در این سیستم ها قابل دسترسی می باشد .دمای هوای مرطوب بستگی به رطوبت نسبی هوا و دمای خشک و ارتفاع و فشار هوا دارد .

بحث کنید

آیا در رطوبت نسبی ۱۰۰، دمای حباب خشک و دمای حباب مرطوب با هم تفاوتی دارند؟ چرا؟ با هم‌گروهی خود بحث کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۱-Dry-bulb temperature
۲- Wet-bulb temperature

فعالیت آزمایشگاهی

دمـای حبـاب مرطـوب و دمـای حباب خشـک را در آزمایشـگاه و فضـای آزاد انـدازه گیری کنیـد. و نتیجه را ارائـه دهید

با توجه به روش انتقال حرارت، برج خنک کننده به انواع زیر تقسیم بندی می شود:

برج خنک کنندهٔ مرطوب[1]

در برجهـای خنک‌کننـدهٔ مرطـوب، هـوا بـا آب گـرم تماس مسـتقیم دارد. بـرای مؤثر بـودن برج خنـک کننـدهٔ مرطـوب، هـوا می‌بایسـت نسـبتاً خشـک باشـد تا بخـش اندکـی از آب تبخیر شـود. در ایـن حالت انـرژی مورد نیـاز جهـت تبخیـر از آب تأمیـن می‌گـردد و دمـای آب باقی‌مانـده کاهـش می‌یابـد. در ایـن حالـت، بـه علـت تبخیـر بخشـی از آب، می‌بایسـت آن را جایگزیـن نمـود تـا مقـدار آب در گـردش ثابـت بماند.

پرسش

چرا برج خنک‌کنندهٔ مرطوب در شهرهای ساحلی و با رطوبت زیاد کاربرد ندارد؟

برجهـای خنـک کننـدهٔ مرطوب (شـکل ۸-۲) بـرای سـرمایش در سـاختمان‌ها، نیروگاه‌ها و صنایع نفـت، گاز و پتروشـیمی، کاربرد گسـترده‌ای دارند.

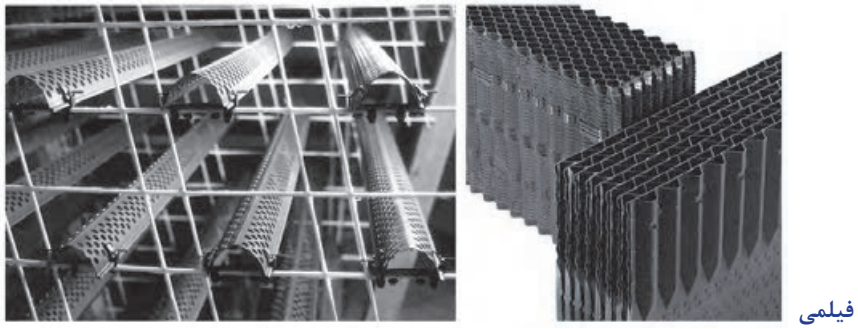
شکل ۸-۲-انواع برج‌های خنک‌کننده مرطوب

۱- Wet Cooling Water

برج‌های خنک‌کنندهٔ مرطوب از بخش‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که عبارتند از:

توزیع‌کننـدهٔ آب[1]: جریـان آب گـرم توسـط پمـپ بـه بـرج خنک‌کننـده ارسـال می‌گـردد. توزیع‌کننده‌ها برای یکنواختـی جریـان آب گـرم درون بـرج خنک‌کننـده اسـتفاده می‌شـوند. توزیـع کننده‌هـا در بـالای سـطوح خنک‌کننـده یـا بخـش پـر شـده نصب می‌شـوند.

بخـش پرشـده[2]: در ایـن بخـش، پرکننده‌هـا بـرای افزایـش میـزان انتقـال حـرارت و بازدهـی درون برج‌های خنک‌کننـدهٔ مرطـوب نصـب می‌شـوند. پرکننده‌هـا بـا افزایش سـطح تمـاس آب و هـوا، کاهش سـرعت جریان آب و در نتیجـه افزایـش مـدت تمـاس آب و هـوا در میـزان خنک‌سـازی جریـان آب نقـش مؤثـری دارنـد. پرکننده‌هـا بـه دو صـورت اسـتفاده می‌شـوند کـه عبارت‌انـد، از پرکننده‌هـای فیلمی یـا لایـه‌ای و پرکننده‌های مشـبک کـه در صنایـع بـه آن splash گفتـه می‌شـود.

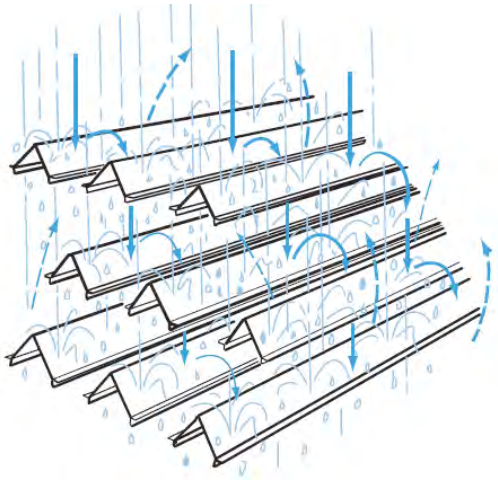


فیلمی　　مشبک

۹-۲ انواع پرکننده‌ها مورد استفاده در برج‌های خنک کنندهٔ مرطوب

در شـکل ۹-۲، پرکننده‌هـای فیلمـی در سـمت راسـت و پرکننده‌هـای مشـبک در سـمت چـپ نشـان داده شـده‌اند. در پرکننده‌هـای فیلمـی، یـک لایه نـازک از آب روی سـطوح آن جریـان می‌یابـد، امـا در پرکننده‌هـای مشـبک، آب از طریـق برخورد با سـطوح آن، پخش شـده و بـه سـمت پاییـن بـرج حرکـت می‌کند.

انتخـاب نـوع پرکننـده بـه میزان سـطح مـورد نیـاز برای خنک‌سـازی، سـاختار بـرج و کیفیـت آب بسـتگی دارد.



شکل ۱۰-۲ نحوهٔ عملکرد پرکننده‌های مشبک در برج خنک‌کنندهٔ مرطوب

۱- Distributer
۲- Fill Media

قطره‌گیـر[1]: باتوجـه بـه اینکـه جریـان آب گـرم به‌صـورت قطـرات ریـز درون بـرج خنک‌کننـده جریـان دارد، بخشـی از آن بـا هـوا بـه سـمت بـالا حرکـت می‌کنـد و اگـر ایـن قطـرات بازیابـی نگردنـد، اتـلاف آب افزایـش می‌یابـد. بـه همیـن دلیـل درون برج‌هـای خنک‌کننـدۀ مرطـوب از قطره‌گیـر اسـتفاده می‌شـود.

قطره‌گیرهـا بـا تغییـر اندکـی در جهـت جریـان هـوا، باعـث می‌شـوند قطـرات آب همـراه با هـوا بـه دیواره‌ها برخـورد کـرده و قطـرات بزرگتـری تشـکیل شـده و به سـمت پاییـن برج حرکـت کند. در شـکل ۱۱-۲ دو نوع قطره‌گیـر و نحـوه عملکـرد آن نشـان داده شـده اسـت.

حوضچـۀ آبگیر: آب خنک شـده در حوضچـۀ آبگیر برج خنک‌کننـده جمـع‌آوری می‌شـود و مجـدداً وارد چرخۀ خنک‌سـازی واحـد صنعتی می‌شـود.

شکل ۱۱-۲ نحوه عملکرد قطره‌گیر در برج خنک‌کنندۀ مرطوب

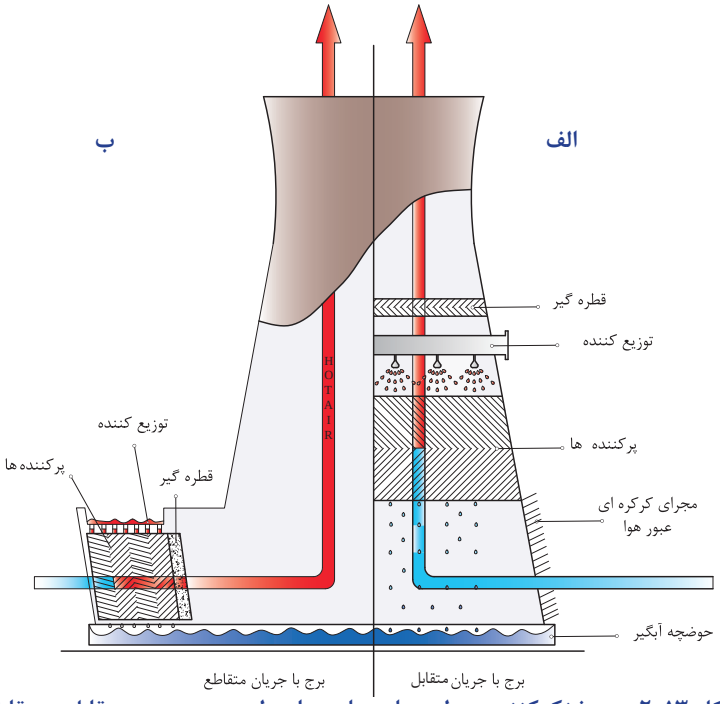
مجراهـای کرکـره ای عبـور هـوا: ایـن مجراهـا بـرای عبـور هوا تعبیـه می‌گردنـد و در صـورت لزوم میـزان عبور هـوا را می‌تـوان بـا بـاز و بسـته کـردن مجراها کنتـرل نمود (شـکل ۱۲-۲).

شکل ۱۲-۲ مجراهای کرکره‌ای عبور هوا در برج خنک کننده مرطوب

بخـش هوادهـی: جریـان هـوا در بـرج خنک‌کننـده بـه دو صـورت طبیعـی و مکانیکـی ایجـاد می‌شـود، بـر ایـن اسـاس برج‌هـای خنک‌کننـده بـه دو دسـته جریـان هـوای طبیعـی[2] و القایـی (اجبـاری)[3] تقسـیم می‌شـوند. در برج‌هـای خنک‌کننـده هذلولـی شـکل بلنـد جریـان هـوا به‌صـورت طبیعـی اتفـاق می‌افتـد، امـا

۱-Drift Eliminator
۲-Natural Draft
۳- Induced Draft

در دیگـر برج‌هـای خنک‌کننـده هـوا بـا فـن بـه درون بـرج دمیـده می‌شـود کـه در این حالـت جریـان القایی و یـا اجبـاری نامیـده می‌شـود. یکـی دیگـر از مشـخصه‌ها نحـوهٔ حرکـت هوا و آب اسـت کـه به‌صـورت متقابل یا متقاطـع صـورت می‌گیرد.



شکل ۱۳-۲ برج خنک‌کننده مرطوب با جریان هوای طبیعی به‌صورت متقابل و متقاطع

در سـمت راسـت شـکل ۱۳-۲برج خنک‌کننده با جریان متقابل نشـان داده شـده اسـت (شـکل الف). در این حالـت قطره‌گیـر، توزیع‌کننـده آب و بخـش پرشـده بصـورت عمـودی و در بـالای یکدیگـر قـرار می‌گیرنـد. در ایـن حالـت جریـان هـوای سـرد که سـنگین تر اسـت از پاییـن برج وارد شـده و پـس از گرم شـدن و در نتیجه سـبکتر شـدن بـه سـمت بالا حرکـت می کنـد و یـک جریان هـوا ایجاد می‌شـود.

در سـمت چـپ شـکل ۱۳-۲، بـرج خنک‌کننـده بـا جریـان هـوای طبیعـی و از نـوع متقاطع نشـان داده شـده است (شـکل ب).

در ایـن حالـت آب در ارتفـاع کمتـری نسـبت به نوع جریـان متقابل وارد توزیـع کننده می‌شـود و بنابراین پمپ به‌تـوان کمتـری نیاز دارد.

فیلم

فیلـم مربـوط بـه بـرج خنک‌کـن مرطـوب را مشـاهده نماییـد و در مـورد نحـوهٔ عملکـرد آن بـا هم‌گروهـی خـود بحـث نمایید و گـزارش خود را در مـورد بخش‌هـای مختلف آن، متقابـل و متقاطع بـودن جریـان آب و هـوا و همچنیـن طبیعـی یا القایـی بودن جریـان هـوا در کلاس ارائـه دهید.

برج خنک‌کننده خشک[1]

در برج خنک‌کن خشک، تماس آب و هوا بصورت غیرمستقیم اتفاق می‌افتد. در این برج‌ها، آب خنک کاری معمولاً داخل لوله جریان می‌یابد و هوا با سطح لوله‌ها تماس دارد. برای افزایش انتقال حرارت، سطح لوله‌ها دارای پره است. این نوع برج‌ها گران‌تر از برج خنک‌کننده مرطوب هستند، اما از تبخیر و اتلاف آب جلوگیری می‌کنند. برج‌های خنک‌کن خشک می‌توانند دمای آب را تا چند درجه پایین‌تر از دمای حباب خشک کاهش دهند که این اختلاف به طراحی برج خنک کننده خشک بستگی دارد.

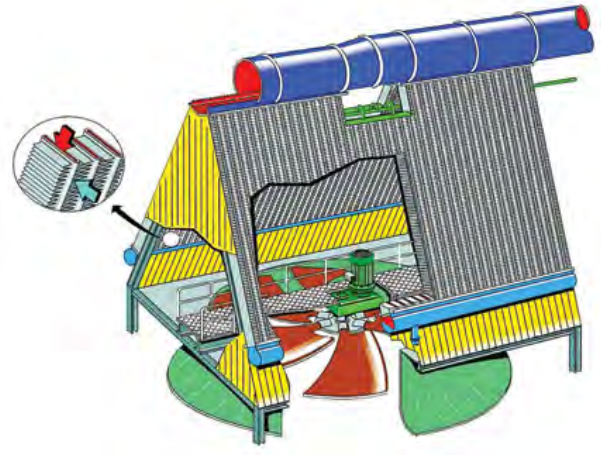
پرسش

چرا افزایش دمای محیط، منجر به کاهش بازدهی برج‌های خنک‌کننده خشک می‌شود؟

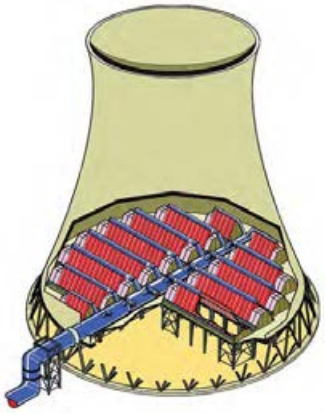
برج‌های خنک‌کنندهٔ خشک نیز می‌توانند با جریان هوای طبیعی یا جریان هوای القایی کار کنند. این نوع برج‌ها علاوه بر آب، برای خنک کردن (و در نتیجه مایع کردن) بخار نیز استفاده می‌شوند (شکل ۲-۱۴ و ۲-۱۵).

در این نوع برج خنک‌کننده، آب گرم در لوله بالای برج عبور کرده و وارد لوله‌های پره‌دار که در دو طرف برج خنک‌کن قرار دارد به سمت پایین سرازیر می‌شود. با عبور جریان هوا از روی لوله‌های پره‌دار، گرمای آب به هوا منتقل شده و آب خنک می‌گردد. در صورتی‌که بخار آب وارد برج خنک‌کن گردد، با عبور درون لوله‌های پره‌دار، با کاهش دمای آن به مایع تبدیل شده و از آن خارج می‌شود.

این نوع برج خنک‌کننده نیز برای کاهش دمای آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱۴ برج خنک‌کننده خشک با جریان هوای القایی



شکل ۲-۱۵ برج خنک‌کننده خشک با جریان هوای طبیعی

۱- Dry cooling tower

پرسش

چرا افزایش دمای محیط، منجر به کاهش بازدهی برج‌های خنک‌کننده خشک می‌شود؟
پاسخ: با افزایش دمای محیط، دمای حباب خشک نیز افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه دمای خروجی از برج خنک‌کن خشک حتماً از دمای حباب خشک کمتر است، با افزایش دمای محیط، دمای آب خروجی از برج خنک‌کن نیز بالاتر می‌رود و موجب کاهش بازدهی برج خنک‌کن می‌شود.

فیلم

فیلم مربوط به برج خنک‌کن خشک را مشاهده نمایید و در مورد نحوه عملکرد آن با هم‌گروهی خود بحث نمایید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

نکته ایمنی

هنگام کار کردن در یک برج خنک‌کن در حال کار و نمونه‌گیری، از ماسک‌های محافظ ذرات هوا[1] استفاده کنید. در غیر این‌صورت فن‌های برج خنک‌کننده می‌بایست خاموش گردند مخصوصاً زمانی‌که باکتری لژیونلا در آن تشخیص داده شود.
همچنین از دستکش ایمنی، عینک محافظ و لباس ایمنی استفاده کنید.

بیشتر بدانیم

باکتری لژیونلا در سیستم‌های آبرسانی، منابع آبی، سیستم‌های تهویه مرکزی، کولرهای آبی و رطوبت سازها می‌تواند رشد کند و از آن راه منتشر گردد. منبع آب آلوده، به‌صورت قطراتی که دارای باکتری لژیونلا هستند، در هوا اسپری می‌گردنند که به آنها آئروسل گفته می‌شود و بیماری از طریق استنشاق این قطرات و ورود آنها به سیستم تنفسی، منتقل می‌گردد ولی از انسان به انسان انتقال نمی‌یابد.

علایم بالینی در ابتلا با برخی گونه‌های آن خفیف بوده و شبیه به آنفلوآنزاست ولی در گونه پنوموفیلا سینه‌پهلوی حاد بروز می‌نماید. علایم آن شدیدتر و حادتر از سینه‌پهلوی معمولی است. تب، سرفه، بیحالی و درد و خستگی عضلانی از علایم عمده است. وجود خلط سینه و درد قفسه صدری و تندتپشی از علایم همراه است.

۱- high-efficiency particulate air (HEPA) protective mask

بازدید

از یک شرکت تولیدکنندهٔ برج‌های خنک‌کننده بازدید نموده و در مورد بخش‌های مورد استفاده در برج خنک‌کننده گزارش تهیه کنید.

۵-۲- چیلر

یکی از نیازهای هر ساختمانی تأمین سرمایش آن در فصل تابستان است، این مهم در ساختمان‌های بزرگ با استفاده از چیلر انجام می‌پذیرد چیلرها از جمله تجهیزات بسیار مهم در سرمایش است. چیلر دستگاهی است که برای خنک کاری هوا یا دستگاه‌ها استفاده می‌شود. چیلر دارای یک چرخهٔ[۱] بسته است و ماده‌ای را که باعث کاهش دما می‌شود ماده مبرد[۲] می‌نامند. ماده مبرد در چرخه بسته چیلر حرکت نموده و باعث خنک‌سازی می‌گردد. چیلرها در سیستم‌های تهویهٔ مطبوع و در صنعت کاربرد مختلفی دارند. کولرهای گازی یک نوع چیلر محسوب می‌شود.

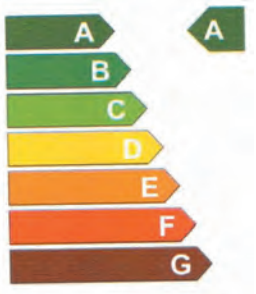
هدف چنین دستگاهی دریافت بیشترین انرژی از محیط سرد (QL) در برابر کمترین مقدار انرژی مصرفی (W) است. نحوه عملکرد چیلرها را به‌وسیلهٔ عاملی به نام ضریب عملکرد (COP) بررسی می‌نمایند که این عامل بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$COP = \frac{Q_L}{W}$$

کافی است واحد گرمای گرفته شده و کار انجام شده یکسان باشد، در صورتی‌که هر دو از جنس انرژی یا توان باشند، ضریب عملکرد نشان‌دهندهٔ عملکرد دستگاه است.

پرسش

از برچسب انرژی دستگاه‌هایی مانند یخچال و کولرگازی چه می‌دانید؟ برچسب انرژی دستگاه‌هایی مانند یخچال و کولرگازی چه ارتباطی با ضریب عملکرد دارد؟



۱- Cycle
۲- Refrigerant

تمرین:

۱- ضریب عملکرد یک یخچال با ظرفیت تبرید ۳۰۰۰۰ BTU/hr و توان کمپرسور ۲۴۰۰ وات چقدر است؟ برچسب انرژی این یخچال چیست؟

۲- ضریب عملکرد یک یخچال به ظرفیت تبرید ۱۰۰۰۰ وات، برابر با ۳/۵ است. توان کمپرسور آن چقدر است؟

۳- توان کمپرسور یک یخچال با ضریب عملکرد ۳، برابر با ۳۵۰۰ وات است. ظرفیت تبرید این یخچال چقدر است؟

پس از مدتی از عملکرد چیلر، لوله‌ها و مسیر عبور سیال مبرد با رسوب گرفته می‌شود. در این حالت اسید شویی مسیر عبور سیال، مشکل را حل می‌نماید.

فعالیت کارگاهی

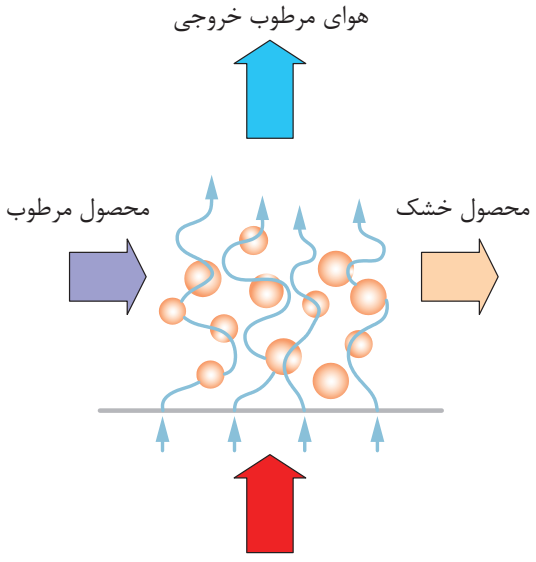
بخش‌های سردسازی یخچال را بررسی کرده و در مورد نحوهٔ عملکرد و برچسب انرژی آن گزارش تهیه کنید .

۶-۲- خشک‌کن‌ها[۱]

خشک کردن جامدات یکی از قدیمی‌ترین روش‌های مورد استفاده انسان است. خشک کردن گوشت، میوه‌ها و سبزیجات از رایج‌ترین موارد استفاده خشک کردن است که به‌صورت سنتی از طریق گرمای حاصل از آفتاب و هوا، یا از طریق خشک‌کن برقی قابل انجام است. خشک‌کن‌ها معمولاً آخرین مرحله یک فرایند هستند، مخصوصاً در حالتی‌که محصول برای بسته‌بندی نهایی آماده می‌شود.

خشک کردن جامد یعنی حذف مقادیر نسبتاً کم آب یا مایع دیگر از مادهٔ جامد تا حد مورد نیاز، با استفاده از روش تبخیر. عملیات خشک کردن عموماً در حضور یک جریان گاز مانند هوا انجام می‌پذیرد که به آن گاز حامل نیز گفته می‌شود. این جریان گاز می‌تواند به‌صورت هم‌سو، ناهم‌سو یا متقاطع نسبت به جامد مرطوب جریان داشته باشد. شکل ۱۶-۲ را مشاهده کنید.

هوای گرم ورودی با تبخیر رطوبت مادهٔ خشک‌شونده، رطوبت را با خود حمل کرده و میزان رطوبت ماده را کاهش می‌دهد. توجه داشته باشید که جداسازی همین رطوبت از روش‌های مکانیکی مثل فشردن یا سانتریفیوژ را نمی‌توان خشک کردن نامید. از اهداف تبخیر کردن می‌توان به نگه‌داری موادی که در مجاورت رطوبت فاسد می‌شوند، کم کردن وزن محصول برای بسته بندی و حمل‌ونقل نام برد. خشک کردن در زمینه‌های مختلفی استفاده دارد، مثل کاتالیست‌ها، پلیمرها، محصولات غذایی، دارویی، کشاورزی، معدنی و مانند آن.



شکل ۱۶-۲ عملیات خشک کردن با هوا

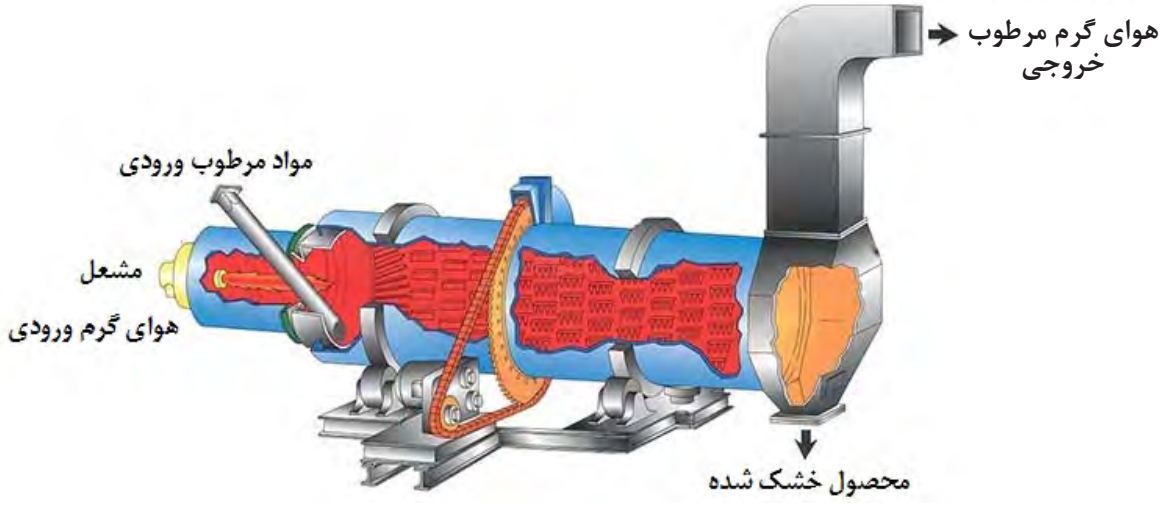
پرسش

یک مثال روزمره از فرایند خشک شدن در زندگی خودتان بیان کنید.

۱- Dryer

روش‌های عملکرد خشک‌کن‌ها

مـاده‌ای کـه باید خشـک شـود، می‌توانـد به‌صورت پیوسـته یا ناپیوسـته در عملیات خشـک کردن قـرار گیرد. در خشـک کـردن ناپیوسـته، مقـدار مـاده‌ای که باید خشـک شـود، درون دسـتگاه و در مسـیر جریان مـداوم از هـوا قـرار داده می‌شـود تا رطوبـت آن تبخیر گردد. خشـک کـردن ناپیوسـته در کارگاه‌های کوچـک، واحدهای آزمایشـی و کارهـای تحقیقاتـی اسـتفاده می‌شـود، زیرا روش نسـبتاً پـر هزینه‌ای اسـت؛ اما در عملیات خشـک کـردن پیوسـته، مـاده خشک‌شـونده و جریـان هوا به‌طور مـداوم از دسـتگاه عبـور می‌کنند.



۲-۱۷ عملکرد خشک کن

متغیرهای مؤثر در خشک کردن

بحث کنید

بـرای خشـک کـردن لبـاس هـای خیـس، آنهـا را روی طنـاب پهن می کننـد، چـه عواملی در زودتر خشـک شـدن لبـاس هـای خیس مؤثر اسـت؟

هنگامـی کـه یـک جامـد مرطـوب در مجـاورت گاز حامـل قـرار بگیرد، جسـم جامـد رطوبت خـود را بـا تبخیر از دسـت می‌دهـد. در ایـن حالـت گاز و جامـد در حـال تعـادل خواهنـد بـود و بـه مقـدار رطوبت جسـم در این حالـت، رطوبـت تعادلـی در شـرایط فراینـد گفته می‌شـود؛ بنابرایـن، هر چه گاز حامل خشـک‌تر باشـد، رطوبت بیشـتری را از جسـم جامـد جـذب می‌کند.

از متغیرهـای مهـم دیگـر، می‌تـوان بـه درجـه حـرارت گاز حامـل اشـاره کـرد. هرچـه دمـای گاز حامل بیشـتر باشـد، میـزان تبخیـر رطوبـت بیشـتر خواهـد بـود. بـه عنـوان مثـال در صورتی‌کـه یـک پارچـه مرطـوب را در

معرض هوای گرم قرار دهیم در مقایسه با حالتی‌که هوا سرد باشد، مقدار رطوبت بیشتری را از دست می‌دهد.

طبیعت و شکل مادهٔ خشک‌شونده هم از مشخصه‌های مهم می‌باشد. جسم جامد می‌تواند به‌صورت پودر، دانه‌های کروی، جامد کلوخه‌ای و مانند آن باشد. توجه داشته باشید که رطوبت مواد با ارزشی مثل مواد دارویی را در دمای پایین و با روشی متفاوت از آن خارج می‌نمایند تا مادهٔ دارویی صدمه نبیند. زمان تماس هوا و جسم مرطوب متغیر مهم دیگر فرایند خشک کردن است. هر چه زمان تماس بیشتر باشد، رطوبت بیشتری از مادهٔ خشک‌شونده جذب می‌شود؛ اما به علت مسائل اقتصادی، این عملیات می‌بایست در زمان بهینه انجام پذیرد که از طریق آزمایش به‌دست می‌آید.

روش‌های خشک کردن

از تقسیم‌بندی‌های دیگر عملیات خشک کردن، می‌توان به روش حرارت دادن برای تبخیر رطوبت اشاره کرد در صورتی‌که حرارت از طریق تماس مستقیم گاز گرم با مادهٔ خشک‌شونده تأمین شود تا رطوبت مورد نظر تبخیر گردد، به آن خشک کردن مستقیم گفته می شود؛ اما در خشک کردن‌های غیر مستقیم، حرارت به‌وسیلهٔ منبع گرمایی غیر از گاز حامل به مادهٔ خشک‌شونده اعمال می‌شود؛ به‌عنوان مثال، حرارت ممکن است از روش رسانایی از دیوارهٔ فلزی یا از طریق تشعشع اشعهٔ مادون قرمز به ماده منتقل شود.

انواع خشک‌کن‌های صنعتی

ساختار این نوع خشک‌کن‌ها، تا حد زیادی به طبیعت مادهٔ خشک‌شونده بستگی دارد. از انواع خشک کن‌ها می‌توان به خشک‌کن‌های کابینتی، خشک‌کن‌های تونلی و خشک‌کن‌هایی با جریان سراسری ، اشاره کرد.

الف) خشک‌کن‌های کابینتی

جامدهایی که باید روی سینی نگه‌داری شوند، مانند مواد خمیری، جامدات کلوخه‌ای که باید روی سینی پخش شوند، درون اتاقکی حاوی سینی‌های متحرک قرار داده می‌شود. بعد از بارگیری سینی‌ها، اتاقک بسته می‌شود و هوای گرم از بین سینی‌ها دمیده می شود تا رطوبت را از جامد خارج سازد. اگر مایع تبخیرشونده قابل اشتعال باشد یا جامد در اثر تماس با اکسیژن دچار تغییر گردد، از گازهای بی اثر به جای هوا استفاده می گردد. این نوع خشک‌کن‌ها در شکل ۱۸-۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۸-۲ دستگاه خشک‌کن کابینتی

پرسش

عملیات در خشک‌کن کابینتی پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیر مستقیم؟ دلیل خود را بیان کنید.

شکل۱۸-۲ دستگاه خشک‌کن کابینتی است. که ماکارونی‌های شکل‌دار درون سینی‌ها قرار داده می‌شود. در این نوع خشک‌کن‌ها، هوای گرم با پنکه در اتاقک خشک‌کن جریان می‌یابد و از روی مواد مرطوب عبور می‌کند. حداکثر ظرفیت خشک کردن چنین خشک‌کنی برای میوه‌ها و سبزیجات می‌تواند تا حدود ۲۰ تن در روز باشد. مدت لازم برای خشک کردن در این نوع خشک‌کن ممکن است به ۲۰ ساعت هم برسد. نگه‌داری و کار با این خشک‌کن‌ها ساده است و از نظر تولید مواد مختلف بسیار قابل انعطاف هستند. عیب خشک‌کن‌های کابینتی این است که کنترل عملیات خشک کردن از نظر تولید محصولی با کیفیت مناسب و ثابت به خوبی میسر نیست.

فیلم

مشاهدهٔ فیلم:
فیلم خشک‌کن کابینی را مشاهده نمایید و در مورد نحوهٔ عملکرد آن بحث کنید.

فعالیت کارگاهی

یک جامد خمیری شکل را درون دستگاه آون که نوعی خشک‌کن کابینتی است قرار دهید و مدت زمان لازم برای خشک‌شدن آن را در دماهای ۱۰۰°C، ۲۰۰ °C و ۳۰۰ °C را بیابید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

نکته ایمنی

هنگام کار کردن با آون، از دست‌کش عایق حرارتی استفاده کنید.

خشک‌کن‌های تونلی

در این نوع دستگاه، جامدهای مرطوب روی نوار نقاله یا سینی‌هایی قرار داده می‌شود که در واگن‌هایی تعبیه شده‌اند، و از درون تونلی که دارای حرارت بالا یا دارای جریان هوای گرم است، عبور می‌کند. واگن‌ها می‌توانند بیرون از خشک‌کن بارگیری و به داخل و خارج تونل خشک‌کن حرکت داده شوند. زمان اقامت واگن‌ها باید آنقدر باشد که رطوبت جسم به مقدار مطلوب برسد. تخلیهٔ این واگن‌ها بعد از خشک شدن و بیرون از تونل انجام می‌پذیرد؛ بنابراین، اتلاف زمانی بین چرخه‌های خشک کن وجود ندارد.

جهت حرکت هوا نسبت به حرکت مادهٔ جامد ممکن است هم‌سو و یا ناهم‌سو باشد. هم‌سو بودن حرکت هوا این مزیت را دارد که هوا با بالاترین درجهٔ حرارت با ماده‌ای تماس پیدا می‌کند که دارای حداکثر رطوبت است. این شکل توزیع و استفاده از حرارت عمل خشک کردن را به نحو مؤثری انجام داده و از طرفی هوای خروجی نیز به میزان قابل توجهی سرد شده است. در صورتی که جهت حرکت هوا مخالف جهت حرکت مادهٔ مرطوب باشد، هوای داغ در ابتدا با ماده‌ای که به میزان زیاد خشک شده در تماس قرار می‌گیرد و از این نظر نیز مادهٔ بسیار خشکی به‌دست می‌آید.

بر اساس طبیعت و ساختار مادهٔ خشک‌شونده، ممکن است به‌جای واگن سینی‌دار، الیاف را از میله‌هایی آویزان نمود یا چوب و الوار را روی یکدیگر انباشته کرد تا لایه‌های مختلف با قطعات فاصله دهنده‌ای از هم جدا شوند. از این نوع خشک‌کن‌ها می‌توان برای کریستال‌ها، خمیرها و سفال‌ها نیز استفاده نمود. شکل ۱۹-۲ یک خشک‌کن تونلی واگن‌دار را نشان می‌دهد.

شکل ۱۹-۲ دستگاه خشک‌کن تونلی واگن‌دار

پرسش

عملیات در خشک‌کن تونلی شکل ۲۰-۲ پیوسته است یا ناپیوسته؟ مستقیم است یا غیرمستقیم؟

شکل ۲۰-۲ دستگاه خشک‌کن تونلی دارای نوار نقاله

آنچه در شکل ۲۰-۲ مشاهده می‌شود نیز نوعی خشک‌کن تونلی است که حرارت مورد نیاز از طریق المنت‌های حرارتی تأمین می‌گردد. همان‌گونه که در شکل مشخص است، این نوع خشک‌کن‌ها می‌توانند یک یا چندین بستر متفاوت داشته باشند و دمای هر بستر را می‌توان به‌صورت مجزا و از طریق تجهیزات کنترلی که روی آن نصب شده‌اند، تنظیم نمود.

نکته ایمنی

۱- هنگام کار کردن با خشک‌کن‌ها مواظب سطوح داغ باشید. از دستکش‌های محافظ استفاده نمایید؛
۲- در صورتی‌که رطوبت تبخیر شده سمی و یا مضر است، از ماسک استفاده نمایید؛
۳- در صورتی‌که بخارهای موجود در خشک‌کن موجب صدمه به چشم می شود، از عینک‌های محافظ استفاده نمایید.

نکته زیست محیطی

یکی از مسائل مهم زیست محیطی در خشک‌کن‌ها، سوخت مورد استفاده برای تأمین حرارت مورد نیاز است. بهترین سوخت برای جلوگیری از ایجاد آلودگی، گاز تصفیه شده و سوخت‌های تصفیه شده مانند گاز شهری یا گازوئیل و نفت سفید استاندارد است.
در صورتی‌که گاز خروجی از خشک‌کن دارای ترکیبات سمی و مضرباشد، آن را به‌صورت فیزیکی و شیمیایی خنثی نموده و مواد مضر را به شیوه ای ایمن که برای محیط زیست خطر نداشته باشد، آن‌را دفع نمایید.

بازدید

از یک شرکت تولیدکنندهٔ مواد غذایی یا دیگر صنایع در نزدیکی محل تحصیل خود بازدید نموده و در رابطه با خشک‌کن مورد استفاده گزارش تهیه کنید.
آیا نکات ایمنی رعایت می‌شود؟
آیا این فرآیند برای محیط زیست خطری دارد؟ برای حل آن راهکار ارائه دهید.

ارزشیابی شایستگی فصل دستگاه‌های حرارتی

شرح کار:

- چگونگی استفاده از تجهیزات کارگاهی را بداند و کار داده شده را با دقت انجام دهد؛
- هنگام کار مراقب باشد که دستگاه صدمه نبیند؛
- پس از انجام کار وسایل را تمیز و سالم در حالت اولیه قرار دهد.

استاندارد عملکرد:

- کاربا مبدل حرارتی ، برج خنک کننده و خشک کن ها مطابق دستورالعمل

شاخص‌ها:

- رعایت مسایل ایمنی در حین کار؛
- انجام کار طبق دستورالعمل.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه و آزمایشگاه زمان : یک جلسه آموزشی

ابزار و تجهیزات: وسایل ایمنی شخصی، مبدل‌های حرارتی، برج خنک‌کننده، خشک‌کن

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	کار با مبدل های حرارتی	۲	
۲	کار با برج های خنک کننده	۱	
۳	کار با خشک کن ها	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱- ایمنی : انجام کار کارگاهی با رعایت موارد ایمنی و استفاده از وسائل ایمنی شخصی؛ ۲- نگرش: صرفه‌جویی در آب مصرفی مبدل‌ها؛ ۳- توجهات زیست محیطی : جلوگیری از صدمه زدن به محیط زیست از طریق انجام کار بدون ریخت و پاش؛ ۴- شایستگی‌های غیرفنی: ۱- اخلاق حرفه‌ای، ۲- مدیریت منابع، ۳- محاسبه و کاربست ریاضی، ۴- مستندسازی: گزارش نویسی.	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.