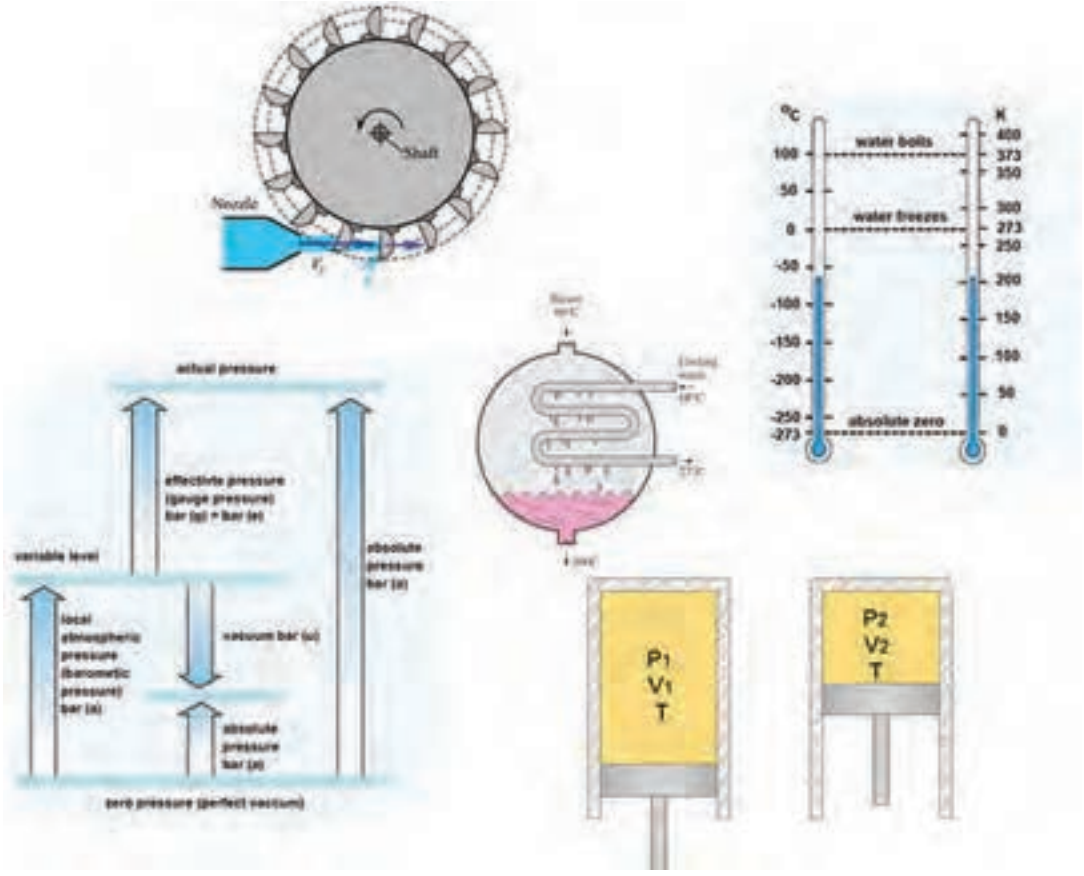
پودمان ۲

تحلیل و بررسی پدیده‌های حرارت و سیالات

مقدمه

از مباحث مهم و کلیدی در صنعت تأسیسات، توانایی تحلیل رفتار سیال (علم مکانیک سیالات) و نیز تحلیل تغییر خواص و ویژگی‌های مواد، در اثر تبدیل انرژی و روش‌های تبدیل انرژی (علم ترمودینامیک) می‌باشد که به فراخور نیاز به آن می‌پردازیم.



پیش‌نیازها

فیزیک پایه دهم، دانش فنی پایه دهم، شیمی پایه یازدهم

مکانیک سیالات

یادآوری

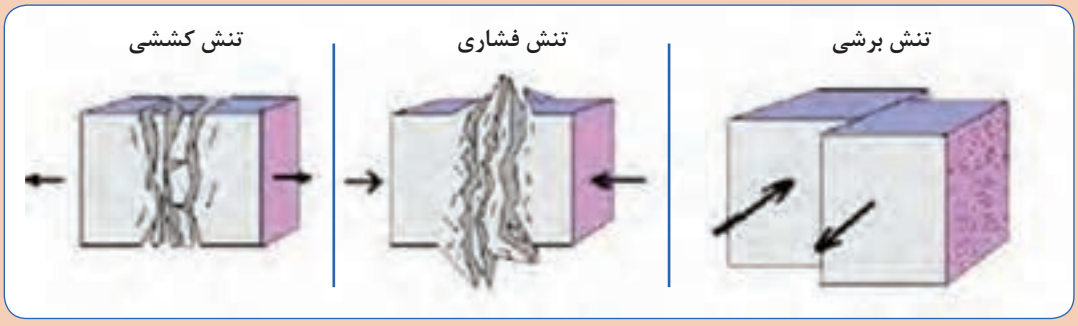
طبیعت مواد، میل به تعادل و پایداری دارد مگر اینکه عاملی بیرونی، تنشی بر شرایط تعادل وارد نماید و باعث تغییراتی در آن شود.
تنش‌ها به دو شکل تنش مکانیکی و تنش ترمودینامیکی تقسیم‌بندی می‌شود.
تنش‌های مکانیکی مانند تنش فشاری، تنش کششی، تنش پیچشی، تنش خمشی و تنش برشی و...
تنش‌های ترمودینامیکی مانند تنش گرمایی و تنش‌های شیمیایی و...
نکته۱: معمولاً مواد در مقابل تنش‌های وارده، مقداری کرنش می‌کنند، این کرنش‌ها در مواد جامد می‌تواند به‌شکل تغییر شکل دائم یا موقت و در مایعات به‌صورت جاری شدن ظاهر می‌شود.
نکته ۲: در مورد جامدات از واژه تنش و در سیالات از واژه فشار استفاده می‌شود.

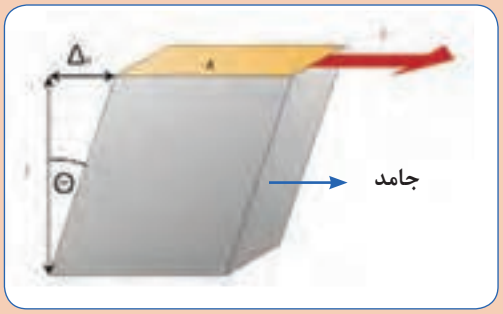
تعریف سیال[۱] (شاره)

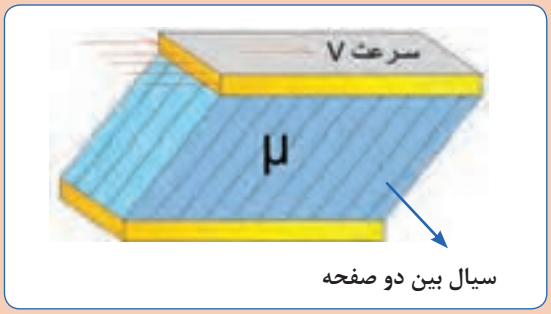
به ماده‌ای که با اعمال کمترین تنش برشی، قابلیت روان شدن یا جاری شدن داشته باشد، سیال گویند. سیالات به شکل گاز یا مایع هستند، نظیر هوا و آب.

گفت‌وگوی کلاسی

تفاوت بین جامدات و مایعات را با تحلیل تصاویر زیر بیان کنید.







۱- Fluid

کار کلاسی

مواد زیر چه تفاوتی با هم دارند؟ آنها را در دسته بندی‌های خواسته شده تفکیک کنید؟

	عسل	شیر	آهن	سنگ	یخ	آب	بخارآب	هوا	قیر	روغن
موادی که قابلیت جاری شدن دارند.										
موادی که قابلیت جاری شدن ندارند.										

گرانروی[1] (لزجت)

گفت‌وگوی کلاسی

ـ آیا دو سیال روغن و آب مانند هم جاری می‌شوند؟ کدام یک روان‌تر، جاری می‌شود؟
ـ آیا دو سیال هوا و بخار آب مانند هم جاری می‌شوند؟ کدام یک روان تر جاری می‌شود؟

به میزان مقاومت سیالات، در برابر جاری شدن **گرانروی** یا **لزجت** می‌گویند که از خواص یک سیال می‌باشد، لزجت را با μ نمایش می‌دهند و یکای آن در سیستم اندازه گیری SI، Pa.s است.
طبق قانون نیوتن، تنش برشی با لزجت رابطه مستقیم دارد، بنابراین هرچه لزجت یک سیال کمتر باشد، تنش برشی کمتری برای جاری شدن نیاز دارد.

شکل ۱ــ مقایسه روانی جریان سیالات با لزجت متفاوت

۱ -Viscosity

گفت‌وگوی کلاسی

ـ آیا گرانروی یک سیال مایع در دماهای مختلف یکسان است؟
ـ آیا گرانروی با میزان تنشی که به سیال وارد می‌شود، تغییر می‌کند؟

پژوهش‌کنید

آیا میزان گرانروی سیالات بر عملکرد تجهیزات تأسیساتی مانند لوله‌ها، مخازن، پمپ‌ها و فرایندهای مربوط تأثیر دارد؟

تراکم پذیری

به‌دلیل فاصله‌ای که بین مولکول‌های گازی وجود دارد، قابلیت فشرده شدن را دارا می‌باشند که به آن خاصیت تراکم‌پذیری[۱] نیز می‌گویند.
به سیالاتی که قابلیت فشرده شدن را ندارند، سیالات تراکم ناپذیر[۲] می‌گوییم.

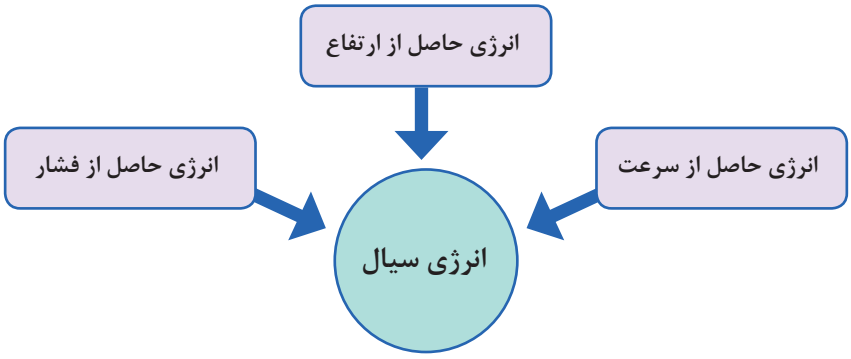
پژوهش‌کنید

ـ ساختار مخزن انبساط بسته چگونه است، چرا از سیال گازی در آنها استفاده می‌شود؟
ـ دلیل استفاده از مخزن انبساط در مدارات لوله‌کشی آب، چیست؟
ـ در تأسیسات آبرسانی، برای انتقال آب در مدار لوله‌کشی از چه دستگاهی استفاده می‌شود؟
ـ در سیستم‌های سرمایشی، برای گردش گاز مبرد در مدار از چه دستگاهی می‌توانیم استفاده کنیم؟
تفاوت کمپرسور و پمپ چیست؟

پژوهش‌کنید

چگالی چیست؟
به چه دلیل هوای گرم به سمت بالا حرکت می‌کند؟
در مورد ترموسیفون در مدار گرمایش پژوهش کرده، نتایج را در کلاس ارائه دهید.

۱- Compressible
۲-Incompressible

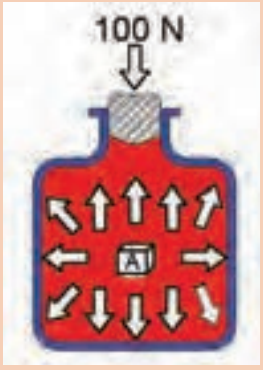


اصل پاسکال

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها درباره سیالات تراکم ناپذیر این است که اگر بر بخشی از سیال تراکم ناپذیر محصور در یک ظرف فشار وارد کنیم این فشار، بدون ضعیف شدن به بخش‌های دیگر سیال و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود، این ویژگی سیالات تراکم ناپذیر، اصل پاسکال نامیده می‌شود.

نکته : فشار در تمام نقاط ظرف یکسان نیست بلکه میزان فشار وارده با فشار اولیه جمع می‌شود.

کار کلاسی

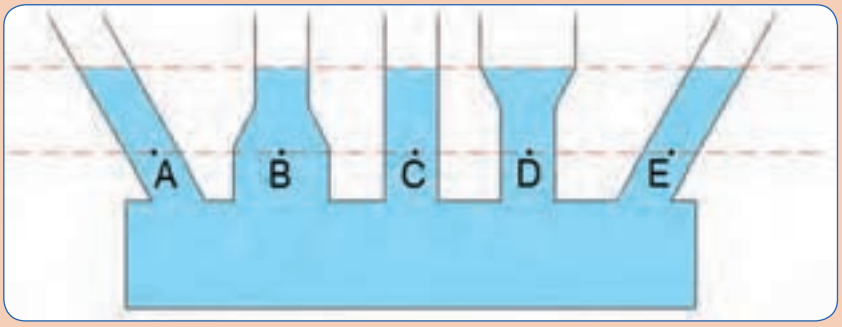


در شکل زیر نیروی ۱۰۰ نیوتنی بر چوب پنبه با مساحت یک سانتی‌متر مربع اعمال شده است، میزان فشاری که بر نقاط مختلف، از جمله بر سطوح مختلف مکعب A غوطه‌ور در سیال وارد می‌شود را تعیین کنید.

** دراین تصویر، انرژی حاصل از سرعت، در انرژی سیال نقشی ندارد.

گفت‌وگوی کلاسی

فشار کدام یک از نقاط A ، B ، C ، D و E بیشترین و کدام کمترین است؟



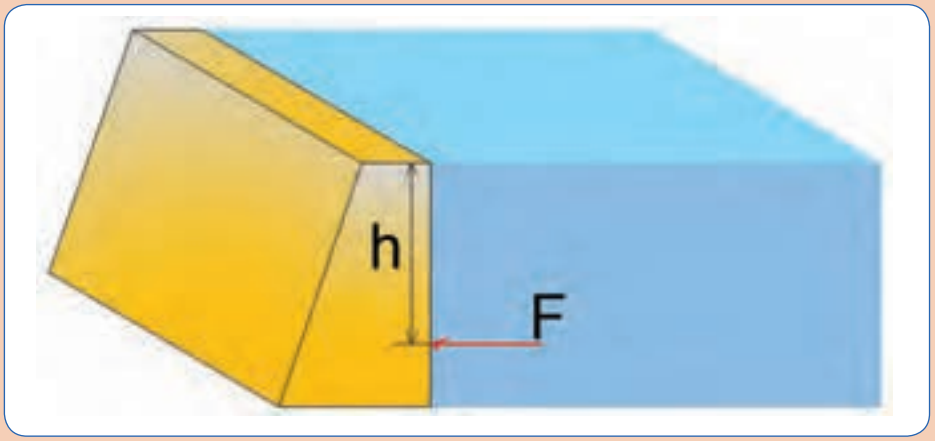
** در این تصویر انرژی حاصل از فشار و انرژی حاصل از سرعت در انرژی سیال نقشی ندارند.

نکته

در تصویر بالا فشار اتمسفر، یکسان به‌همه سطوح آزاد مایع وارد می‌شود، بنابراین از نوشتن آن در معادله فشار خودداری می‌کنیم و فقط فشارهای نسبی را با هم مقایسه می‌کنیم. $P = \rho gh$

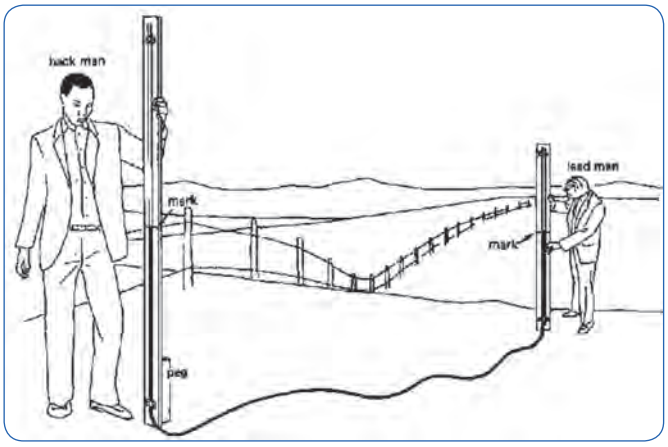
گفت‌وگوی کلاسی

در تصویر زیر به‌چه دلیل پایه سد را با ضخامت بیشتر از تاج سد ساخته‌اند؟



آزمایش

هدف	ترازیابی
شرح	۲/۳ یک شیلنگ شفاف به قطر ۵ میلی متر و طول ۴ متر را با آب پر کنید، دو سر شیلنگ را رو به بالا کنار هم نگه دارید و از هم سطح بودن آب در دو طرف اطمینان حاصل نمایید. مطابق تصویر نقاطی را که هنرآموز مربوطه تعیین می‌کند تراز یابی کنید.
پرسش	ـ توجیه علمی این آزمایش چیست؟ ـ آیا از این آزمایش می‌توانیم در شیب‌بندی لوله‌های تأسیسات استفاده کنیم؟ ـ اگر داخل شیلنگ حباب‌های هوا وجود داشته باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ ـ آیا از این آزمایش می‌توانیم به تراز نصب رادیاتورهای یک مجموعه پی‌برد؟
نتیجه	



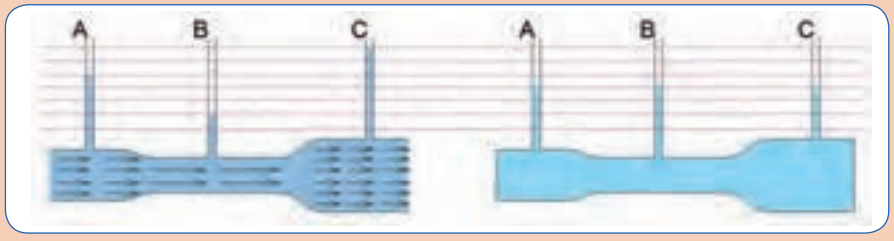
شکل ۲ــ استفاده از شیلنگ تراز در زمین‌های ناهموار

قانون برنولی

کار کلاسی

تصاویر زیر را مورد بحث قرار دهید :

الف) سیال بدون جریان، قطر لوله متغیر ب) سیال در حال جریان، قطر لوله متغیر



* در حالت افقی که بین نقاط A , B , C اختلاف ارتفاع نداریم، انرژی سیال شامل انرژی حاصل از فشار و سرعت خواهد بود.
* درجاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است. (فلش‌های با طول بلند به‌معنی سرعت بالاتر می‌باشد.)

قانون برنولی برای سیالی که به‌طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به‌صورت زیر بیان می‌شود.

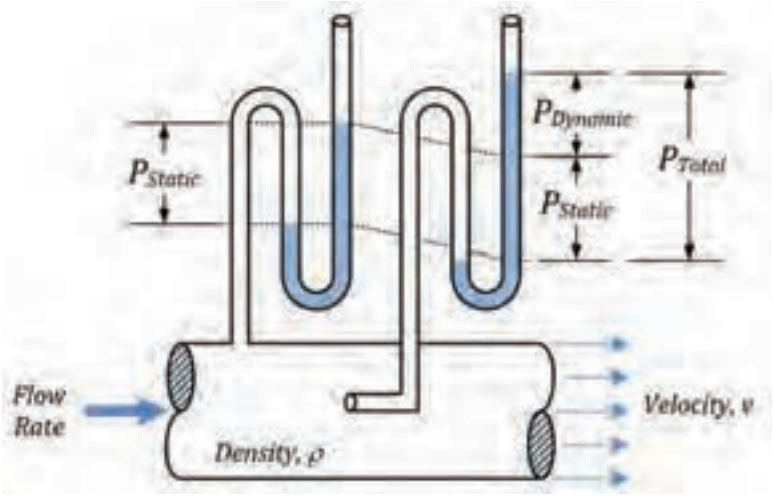
درمسیرحرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشارآن کاهش می‌یابد.

گفت‌وگوی کلاسی

در تصویر زیر، وضعیت آب دریا را پس از عبور هواپیما، با توجه به قانون برنولی تحلیل کنید.

نکته

قانون برنولی نه‌تنها برای مایع‌ها، بلکه برای گازها نیز برقرار است.

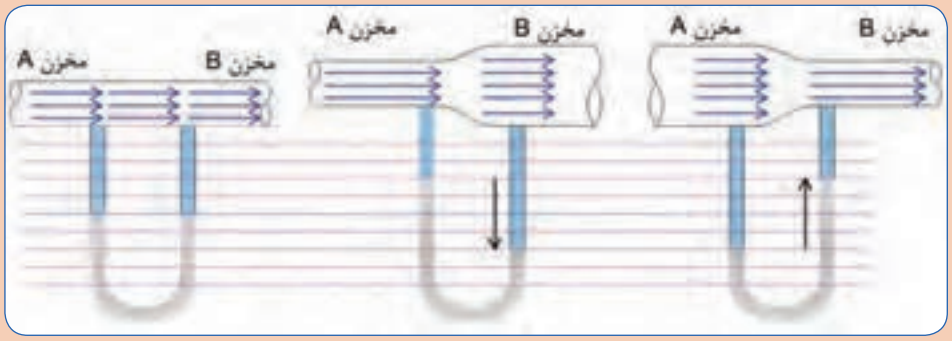


شکل ۳ـ نحوهٔ اندازه‌گیری فشار استاتیک و فشار دینامیک

آزمایش		
	هدف	بررسی فشار استاتیکی و دینامیکی
	شرح	شیر آب را تا حدی باز کنید که آب قطره قطره و خیلی محدود شروع به چکیدن کند، با دست خود خروجی آب را به مدت یک دقیقه مسدود کنید.
	پرسش	آیا فشار آب را روی دست خود احساس می‌کنید؟
		زمانی که جلوی خروج آب را گرفته‌اید سرعت آب چقدر خواهد بود؟
		زمانی که شیر کاملاً بسته است، چه نوع فشاری روی شیر وارد می‌شود؟
	نتیجه	

کار کلاسی

با درنظر گرفتن قانون برنولی تصاویر زیر را تحلیل کنید.



** قانون برنولی در حالت کلی

انرژی حاصل از ارتفاع + انرژی حاصل از سرعت + انرژی حاصل از فشار = انرژی جریان سیال

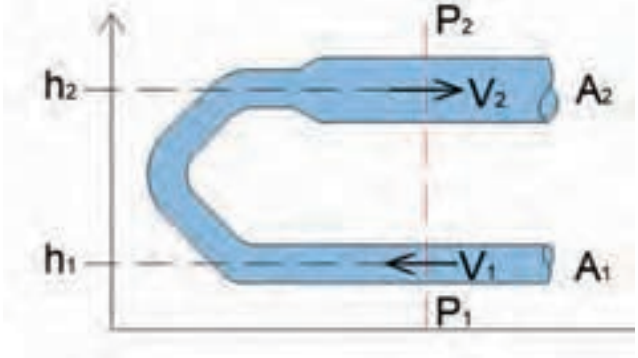
- در کدام مقطع، انرژی حاصل از فشار بالاتر است؟
- در کدام مقطع، انرژی حاصل از سرعت بالاتر است؟
- در مانومتر از کدام مؤلفه انرژی بهره برده‌ایم؟

پژوهش کنید

هد با فشار چه تفاوتی دارد؟

کار کلاسی

رابطه نوشته شده براساس قانون برنولی را با توجه به تصویر تحلیل کنید.



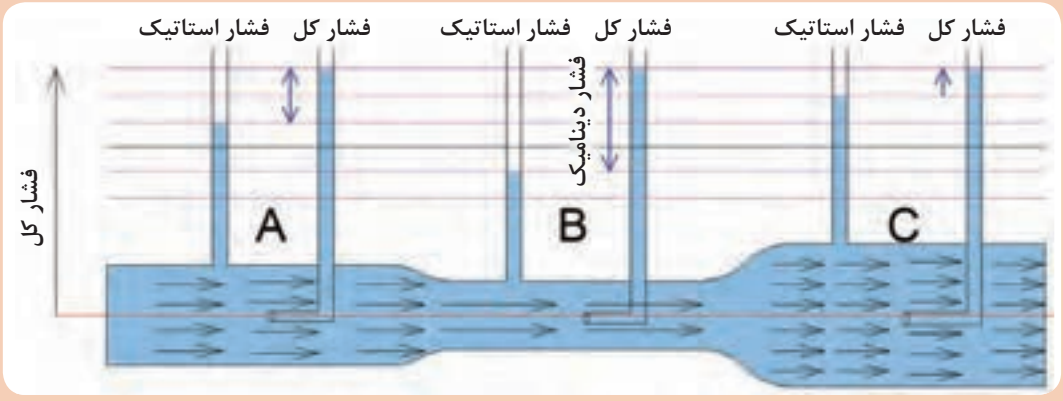
$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{1}{2g}{v_1}^2 + h_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{1}{2g}{v_2}^2 + h_2$$

نکته

در صنعت، از سیال به‌عنوان عامل انتقال انرژی استفاده می‌شود، در صنعت تأسیسات انتقال انرژی بیشتر به شکل گرما یا سرما و در صنایع هیدرولیکی به‌شکل انتقال قدرت، صورت می‌گیرد.
در جاهایی که منظور از انتقال انرژی، گرما یا سرما می‌باشد از یکای انرژی و در جاهایی که انتقال قدرت مدنظر باشد از یکای فشار استفاده می‌کنیم.

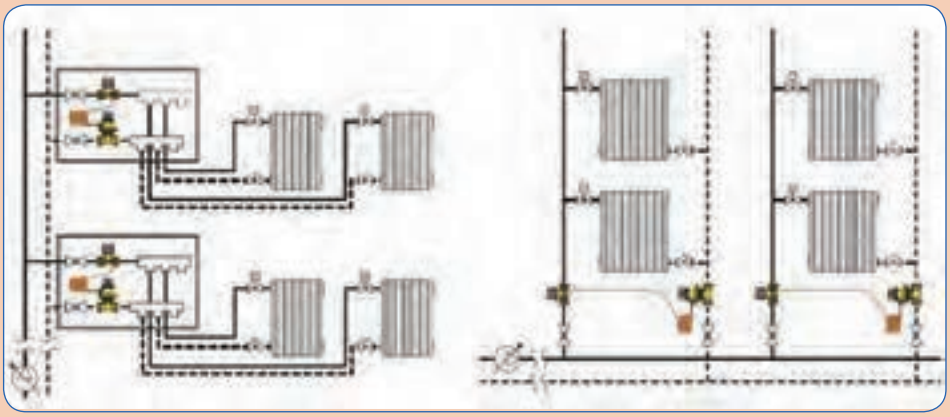
کار کلاسی

با توجه به قانون برنولی تصویر شماتیک زیر را تحلیل کنید. (از مقاومت مسیر در مقابل جریان صرف‌نظر شده است)

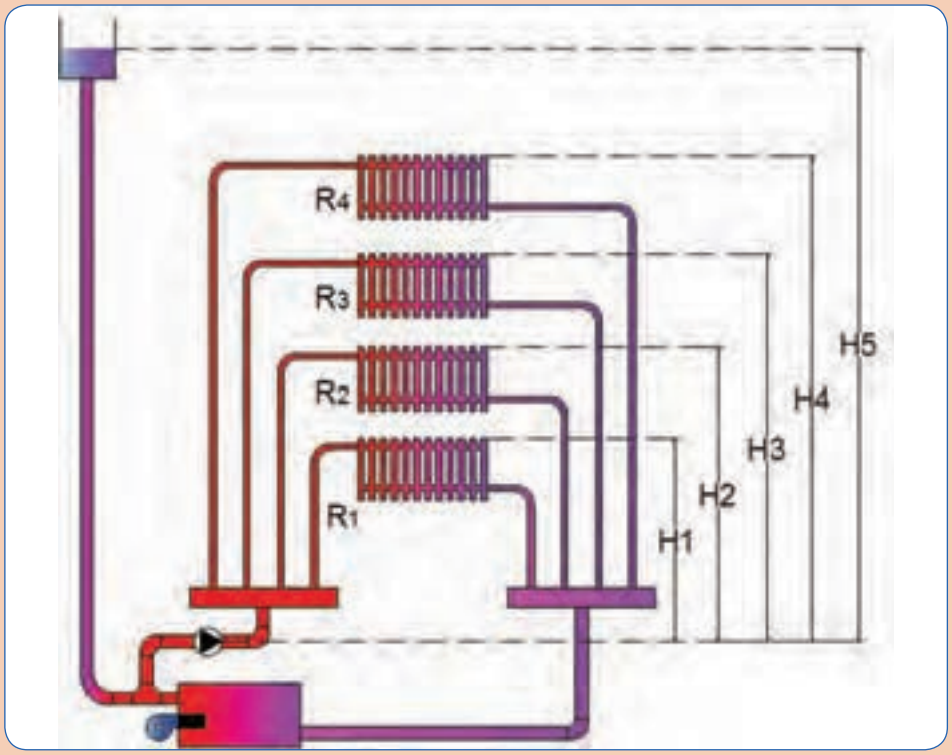


پژوهش کنید

در مورد عملکرد شیر picv که در بالانس مدار گرمایش و سرمایش استفاده می‌شود، پژوهش کرده و نتایج را درکلاس ارائه دهید.



کار کلاسی



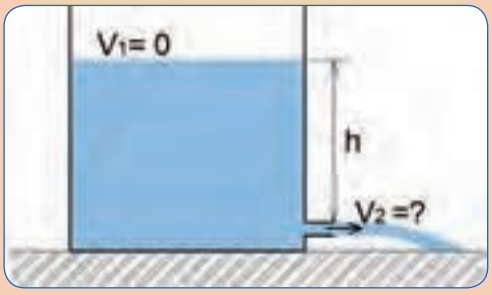
شکل ۴ـ تحلیل مؤلفه‌های معادله برنولی در سیستم گرمایش

با توجه به شکل بالا و معادله برنولی، تحلیل خود را در مورد مؤلفه‌های انرژی، فشار و هد بیان کنید.

وضعیت الف) پمپ و دیگ خاموش است.								
وضعیت ب) پمپ خاموش اما گردش طبیعی آب وجود دارد.								
	وضعیت الف				وضعیت ب			
مؤلفه	R_1	R_2	R_3	R_4	R_1	R_2	R_3	R_4
هد استاتیک								
هد دینامیکی								

کار کلاسی

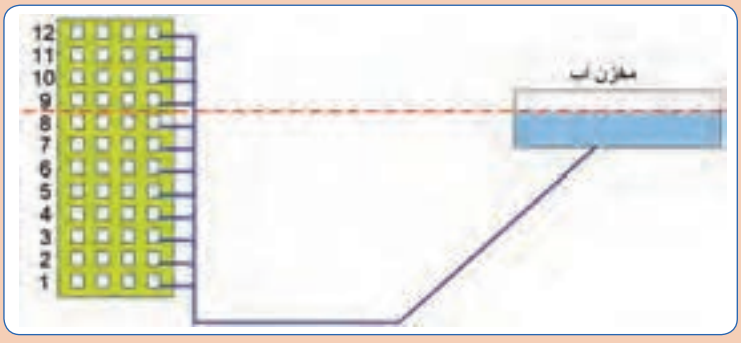
با استفاده از رابطه برنولی سرعت خروج آب را از مخزن به‌دست آورید. (چگالی آب ρ و شتاب جاذبه g)



کار کلاسی

تصویر زیر را تحلیل کنید و به سؤالات زیر پاسخ دهید: (حداقل فشار استاتیک مورد نیاز را به اندازه ارتفاع دو طبقه از ساختمان بلند در نظر بگیرید.)

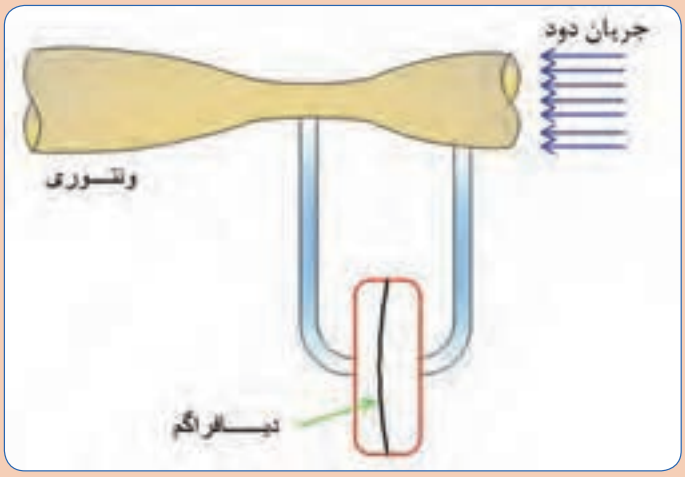
- آب به کدام طبقات نمی‌رسد؟
- آب به کدام طبقه از برج می‌رسد اما فشار لازم برای خروج از لوله را ندارد؟
- آب در کدام طبقات نیاز به فشار بیشتر دارد؟
- درکدام طبقات فشار خروجی آب مناسب است؟



نکته : از دید فشار استاتیکی بررسی شود.

آزمایش

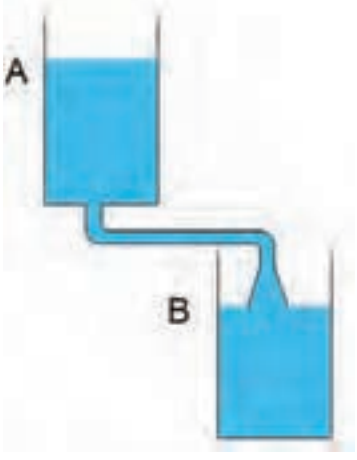
کاربرد ونتوری در پکیج شوفاژ دیواری را در کلاس به‌صورت عملی با دمیدن هوا مورد آزمایش قرار دهید.



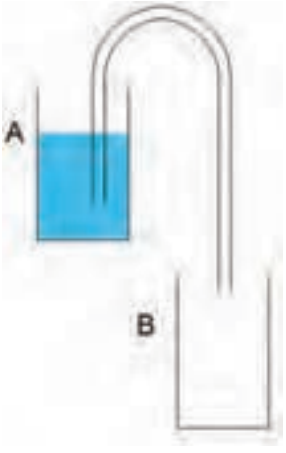
سیفوناژ

گفت‌وگوی کلاسی

با مقایسه تصاویر بیان کنید، به چه‌دلیل سیال درون مخزن A در تصویر(ب) نمی‌تواند به مخزن B منتقل شود؟ آیا می‌توانیم شرایطی را ایجاد کنیم تا عمل تخلیه در تصویر (ب) خود به خود انجام شود؟



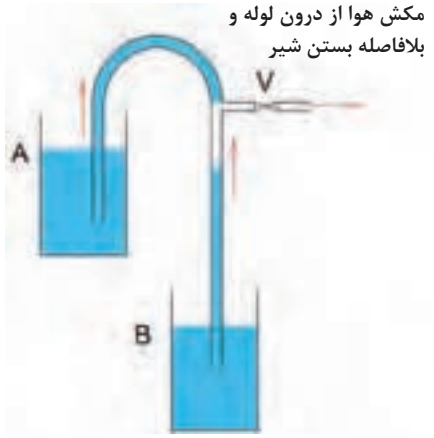
(الف)



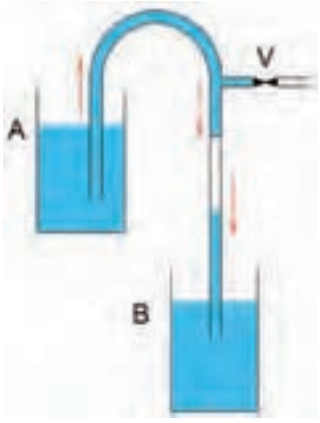
(ب)

گفت‌وگوی کلاسی

در تصویر (پ) هوای درون لوله را که به‌سیال هر دو مخزن ارتباط دارد مکش نموده و بلافاصله شیر را بسته‌ایم، در زمان مکش آب هر دو مخزن به‌سمت شیر مکش حرکت می‌نماید، اما پس از بسته شدن شیر، مطابق تصویر (ت) سیال درون لوله به‌صورت دائمی‌به‌سمت مخزن B جریان یافته است، با توجه به قوانینی که در مورد سیالات فرا گرفته‌اید دلیل این اتفاق را بیان کنید.



(پ)

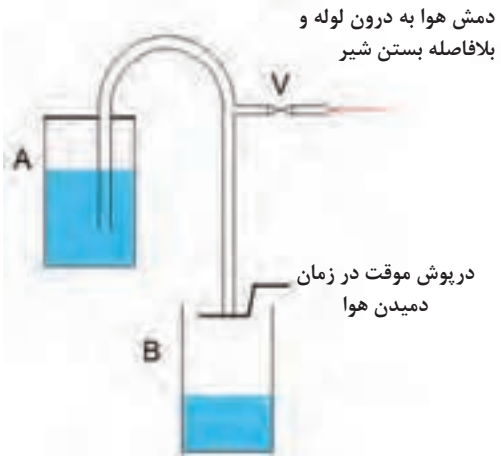


(ت)

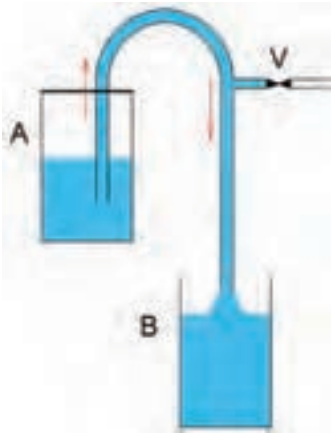
گفت‌وگوی کلاسی

در تصویر (ث) مقداری هوا به درون لوله دمیده و بلافاصله شیر را بسته‌ایم، در زمان دمش موقتاً خروجی به‌سمت مخزن B را مسدود کرده و ارتباط مخزن A را از فشار اتمسفر با بستن درب مخزن جدا کرده‌ایم.

در تصویر (ج) شیر دمش هوا را بسته و درپوش لوله را هم برداشته‌ایم، دلیل جریان دائمی را طبق قوانین سیالات بیان کنید.



(ث)



(ج)

آزمایش

مواردی را که در بحث کلاسی در صفحه قبل به آن اشاره شد، با راهنمایی هنرآموز محترم، به‌صورت عملی مورد آزمایش قرار دهید.

سیفون[1] مجرایی به‌شکل U معکوس است که برای انتقال مایع از یک مخزن به‌سمت بالا و سپس به‌سمت پایین تا سطح گرانش پایین‌تر، زمانی که نیروی اولیه‌ای به‌سیال، اعمال شده باشد استفاده می‌شود، به عمل انجام شده سیفوناژ می‌گویند.

نکته

به زانویی شتر گلوی استفاده شده در زیر وسایل بهداشتی برای تخلیه فاضلاب، تله مایع (تراپ[2]) می‌گویند.

کار کلاسی

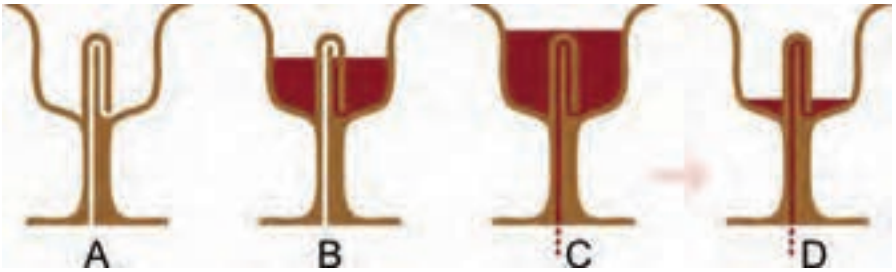
در تصویر (الف) در زمان عبور آب ماشین لباسشویی از نقطه A آب درون زانویی (تله مایع) زیر ظرف‌شویی تخلیه می‌شود، اما در تصویر (ب) این اتفاق نمی‌افتد، باتوجه به قانون برنولی و خاصیت سیفون تحلیل خود را بیان کنید.

۱_ Siphon

۲_ trap

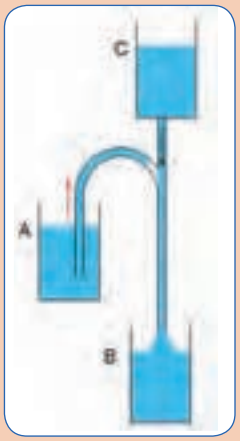
پژوهش کنید

در مورد مکانیزم کاس العدل و نحوه عملکرد آن براساس خاصیت سیفون پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس ارائه دهید.

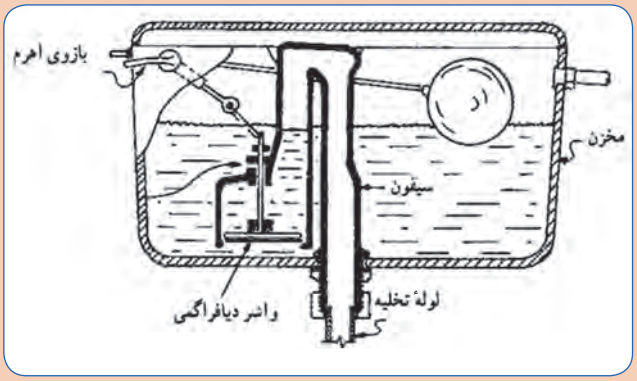


پژوهش کنید

در مورد تصاویر زیر پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس ارائه دهید.



دلیل تخلیه مخزن A چیست؟

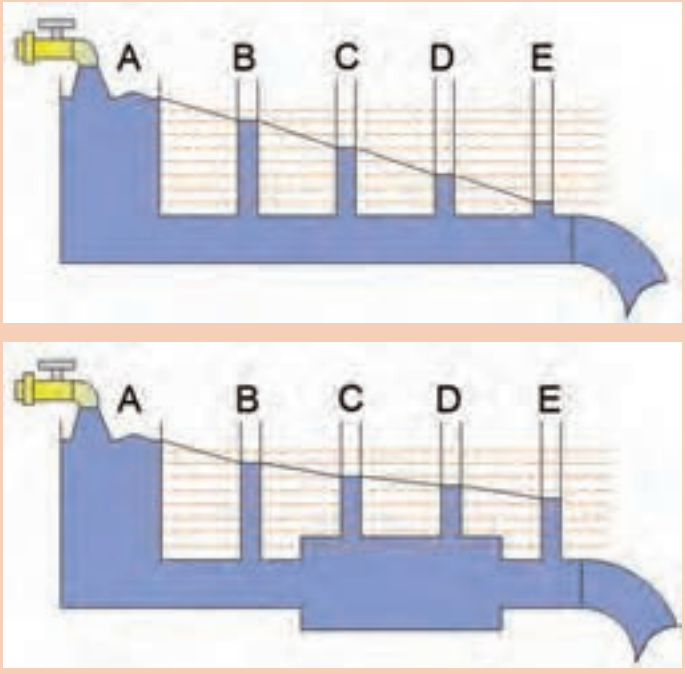


مکانیزم عملکرد فلاش تانک چگونه است؟

افت فشار[1]

گفت‌وگوی کلاسی

ـ در کدام نقاط بیشترین و کمترین فشار وجود دارد؟
ـ دلیل کاهش فشار در نقاط مختلف، چیست؟
ـ نرخ کاهش فشار نقاط متناظر در دو خط لوله را با هم مقایسه کنید.



هنگامی‌که آب یا هر سیال دیگری در لوله‌ها و کانال‌ها جریان می‌یابد، در اثر اصطکاک ناشی از تماس سیال با جداره‌ها، مقداری از فشار سیال کاسته می‌شود که به آن افت فشار می‌گوییم.
عواملی که در افت فشار تأثیر دارند عبارت‌اند از : زبری جداره داخلی، قطر لوله، سرعت سیال، نوع اتصالات، انشعابات و تغییر مسیرها، آشفتگی جریان و...

پژوهش‌کنید

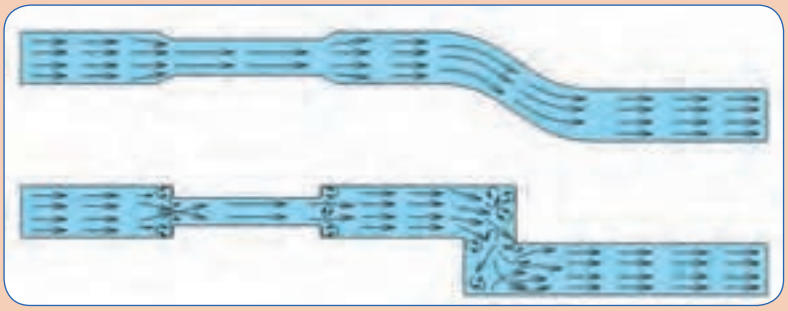
در مورد افت فشار موضعی و افت فشار طولی پژوهش کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

۱- Head loss

جریان آرام[۱] و جریان آشفته[۲]

گفت‌وگوی کلاسی

وضعیت جریان در لوله‌های زیر را تحلیل و با هم مقایسه کنید.



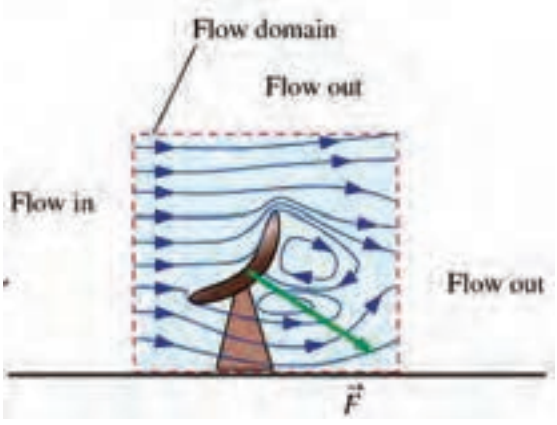
درشرایط ایده‌آل، ذرات یک مایع، در درون یک لوله، در مسیرهای مستقیم و موازی باهم حرکت می‌کنند، درچنین شرایطی گفته می‌شود که جریان سیال از نوع جریان آرام است، به جریان آرام جریان لایه‌ای هم می‌گویند.

در جریان آرام سرعت خطوط جریانی کم است و کمترین اصطکاک با جداره داخلی لوله ایجاد می‌شود در نتیجه افت فشار کم خواهد بود.

جریان آشفته در شرایطی به وجود می‌آید که ذرات سیال، به‌راحتی و در مسیرهای موازی حرکت نکنند.

معمولاً جریان آشفته، زمانی تولید می‌شود که مسیر جریان سیال و یا سطح مقطع لوله، ناگهان تغییر کند و یا آنکه سرعت حرکت ذرات سیال بسیار زیاد باشد.

جریان آشفته باعث افت فشار در مسیر جریان، سر و صدا و هد رفت انرژی می‌شود.



شکل ۵ ـ جریان آشفته

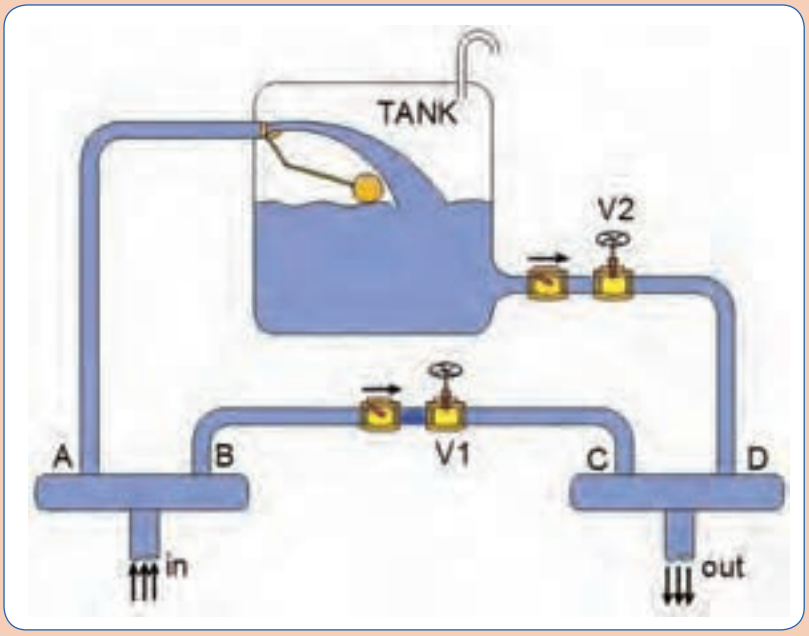
۱ - Laminar flow

۲- Tubulent flow

قانون پیوستگی : (بقای جرم)

کار کلاسی

تصویر زیر، بخشی از یک سیستم لوله‌کشی است که می‌خواهیم آن را تحلیل کنیم، در علم سیالات به چنین بخشی که برای تحلیل و مطالعه رفتار سیال جدا می‌کنیم، اصطلاحاً حجم کنترل گوییم.
حجم کنترل زیر را تحلیل و به سؤالات پاسخ دهید.



- در هر ثانیه ۱۰ لیتر آب وارد حجم کنترل می‌شود و ۶ لیتر خارج می‌شود، آب ذخیره شده در هر ثانیه چند لیتر است؟ (شیر V۲ بسته، شیر V۱ باز است.)
- در هر ثانیه ۱۰ لیتر آب وارد حجم کنترل می‌شود و ۶ لیتر خارج می‌شود، آب ذخیره شده در هر ثانیه چند لیتر است؟ (شیر V۲ باز، شیر V۱ بسته است.)
- در هر ثانیه ۱۰ لیتر آب وارد حجم کنترل می‌شود و ۱۱ لیتر خارج می‌شود، تحلیل خود را بیان کنید. (شیر V۲ باز، شیر V۱ بسته است.)
- آب خروجی از حجم کنترل در هر ثانیه ۱۰ لیتر است و همزمان حجم آب مخزن ۳ لیتر در هر ثانیه افزایش یافته است، آب ورودی به حجم کنترل در هر ثانیه چند لیتر خواهد بود؟
- آب خروجی و آب ورودی به‌حجم کنترل در هر ثانیه ۱۰ لیتر می‌باشد، آب درون مخزن چقدر کاهش یا افزایش داشته است؟
- آیا این امکان وجود دارد که در هر ثانیه ۱۰ لیتر آب وارد و ۸ لیتر آب از حجم کنترل خارج شود بدون اینکه افزایشی در آب ذخیره شده داشته باشیم؟

یادآوری

به حجم سیال عبوری در واحد زمان دبی حجمی می‌گوییم و آن را با Q نشان می‌دهیم، واحدهای دبی در سیستم اندازه گیری متریک لیتر بر ثانیه $\frac{Lit}{s}$، و در سیستم IS متر مکعب بر ثانیه $\frac{m^3}{s}$ می‌باشد.

پژوهش کنید

یکاهای دبی را در سیستم اندازه‌گیری IP بیان کنید.

طبق قانون بقای جرم تغییرات جرم داخل حجم کنترل برابر مجموع دبی‌های جرمی ورودی منهای مجموع دبی‌های جرمی‌خروجی است.

$$\frac{\text{تغییرات جرم داخل حجم کنترل}}{\text{زمان}} = (\text{دبی‌های جرمی ورودی}) - (\text{دبی‌های جرمی خروجی})$$

دبی جرمی

به‌میزان جرم عبوری در واحد زمان دبی جرمی‌گوییم و آن را با $\dot{m}$ نشان می‌دهیم، واحد دبی جرمی کیلوگرم بر ثانیه $\frac{kg}{s}$ می‌باشد.

نکته

می‌توانیم به جای دبی جرمی از دبی حجمی(Q) استفاده کنیم $\Rightarrow \dot{m} = \rho.Q$

پژوهش کنید

با استفاده از قانون پیوستگی چگونه می‌توانیم نشتی مدار لوله‌کشی آب ساختمان را تشخیص دهیم؟

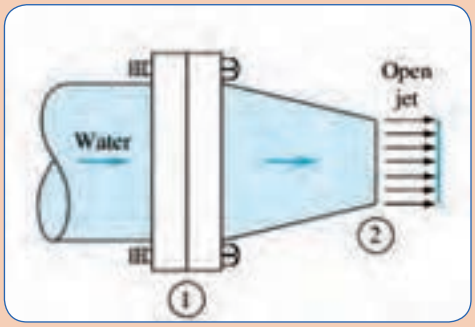
ممنتوم[1]

گفت‌وگوی کلاسی

در نازل آتش نشانی داده شده :

ـ آیا نیرویی به پیچ و مهره‌های فلنج وارد می‌شود؟

ـ نازل به کدام سمت تمایل به حرکت دارد؟



حاصل ضرب جرم یک جسم در سرعت آن را ممنتوم (اندازه حرکت) گفته می‌شود، واحد ممنتوم کیلوگرم متر بر ثانیه است.

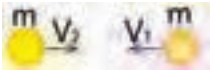
$$\text{ممنتوم} = m.v$$

هرگاه سیالی به یک جسم جامد برخورد نماید از طرف سیال، نیرویی بر آن جسم وارد می‌شود، مقدار این نیرو برابر تغییرات ممنتوم جسم، در راستای اعمال نیرو است.

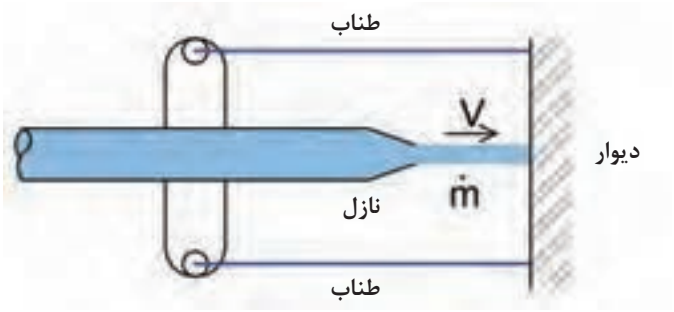
$$\text{نیرو (نیوتن)} \quad f = \dot{m}(v_2 - v_1)$$

کار کلاسی

- با توجه به فرضیات داده شده در کدام وضعیت دو جرم m با هم برخورد می‌کنند؟
- ممنتوم هر یک جرم را در ستون مربوطه بنویسید.
- نیرویی که دو جسم به جرم m به یکدیگر وارد می‌کنند را محاسبه کنید.

فرضیات	ممنتوم جرم با سرعت v_1	ممنتوم جرم با سرعت v_2	نیرو	تصویر
$V_2<V_1$				
$V_2>V_1$				
$V_2=0$				
$V_2>V_1$				

۱-Momentum



شکل ۶ـ مُمنتوم

برای محاسبه نیروی ممنتوم سیال از دبی جرمی $\dot{m}$ استفاده می‌شود:

$f = \dot{m}(v_2 - v_1)$ نیرو (نیوتن)

نکته

ممنتوم در دو نوع ممنتوم خطی و ممنتوم زاویه‌ای ایجاد می‌شود.

اگر برخورد دو جسم به یکدیگر به‌صورت ناگهانی و در زمان کم اتفاق بیافتد، به آن ضربه می‌گوییم.

گفت‌وگوی کلاسی

عامل چرخش آب پاش ستاره ای را در تصویر بیان کنید.

ضربه قوچ : (چکش آبی[۱])

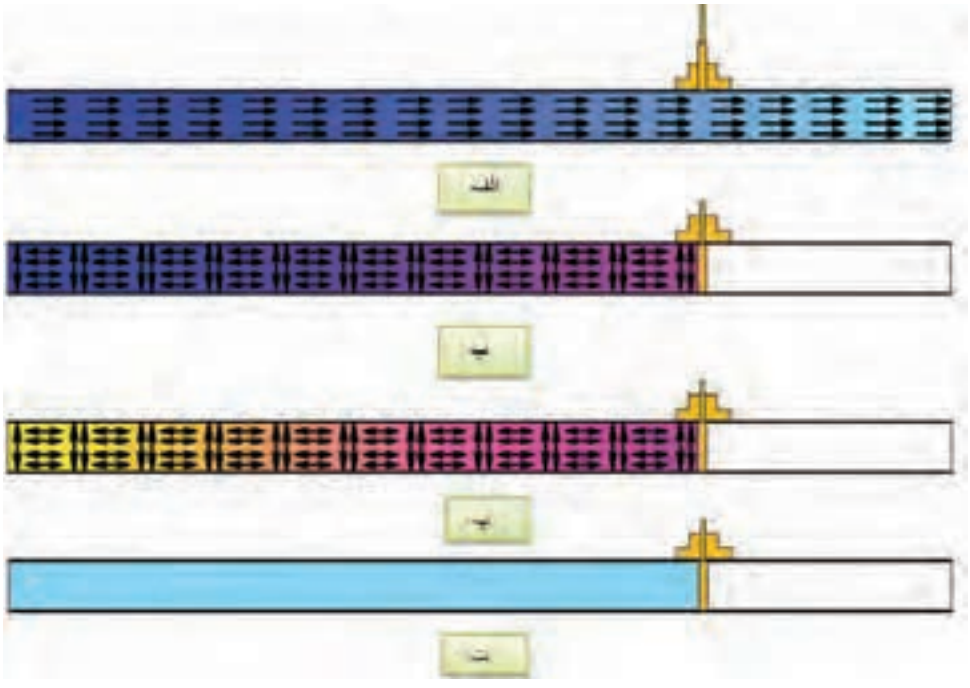
گفت‌وگوی کلاسی

آیا می‌دانید دلیل آسیب دیدگی تجهیزات زیر چیست؟

۱-Water hammer

تحلیل

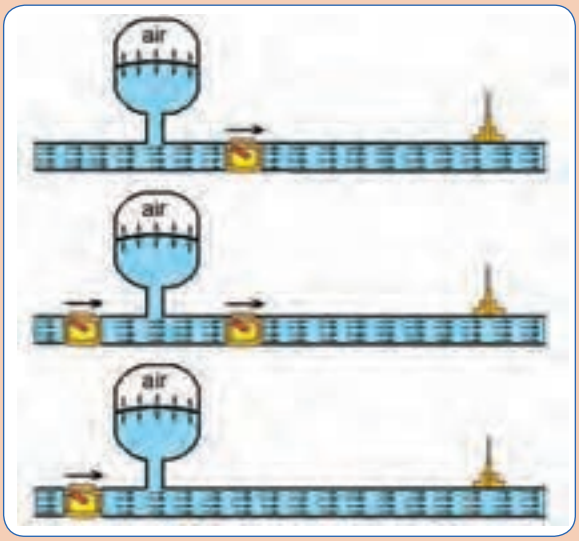
الف	■ جریان پرفشار آب در لوله برقرار است. ■ انرژی سیال شامل انرژی فشاری و انرژی جنبشی است. ■ طبق قانون ممنتوم، نیرویی متناسب با جرم سیال رو به جلو وجود دارد.
ب	■ شیرفلکه بسته می‌شود و نیروی حرکتی سیال، به ضربه تبدیل می‌شود. ■ مؤلفه انرژی سرعتی، ناگهان به مؤلفه فشاری تبدیل می‌شود. ■ طبق قانون پاسکال فشار به همه جهات وارد می‌شود. ■ ذرات سیال که با سرعت به سمت جلو در حرکت بوده‌اند، با ذرات متوقف شده که انرژی فشاری بالا دارند برخورد می‌کنند.
پ	■ این برخوردها و عکس العمل‌ها به شکل یک موج به عقب برمی‌گردد تا درجایی مستهلک شود. ■ موج ایجاد شده، تشدید شده (رزنانس) و در فشارهای کم باعث لرزش و سر و صدا می‌شود اما در فشارهای بالا و در خطوط انتقال، خطر ترکیدگی لوله‌ها و خسارت به تأسیسات، وجود دارد.
ت	■ بعد از مستهلک شدن موج فشاری در چند رفت و برگشت، و انبساط و انقباض خط لوله، حالت سکون در سیال ایجاد می‌شود.



پژوهش کنید

چه عواملی باعث ایجاد ضربه قوچ می‌شوند؟
چگونه می‌توان اثرات سوء ضربه قوچ را خنثی کرد؟
عدم طراحی صحیح که منجر به ضربه قوچ شود، در دراز مدت چه اثراتی ممکن است داشته باشد.

گفت‌وگوی کلاسی



۱ـ محل نصب شیر یک‌طرفه و منبع انبساط را در تصویر زیر تحلیل کنید، کدام‌یک برای دفع اثر ضربه‌قوچ کاربرد دارد؟

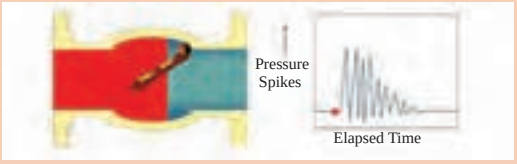
۲ـ از ضربه‌قوچ چه استفاده‌ای می‌توان کرد؟

پژوهش‌کنید

مکانیزم پمپ قوچ آبی چگونه است و ضربه قوچ در پمپ قوچ آبی، چه کاربردی دارد؟

گفت‌وگوی کلاسی

کدام یک از شیرهای یک‌طرفه سوپاپی و بادبزنی در ضربه قوچ تأثیر بیشتری دارد؟



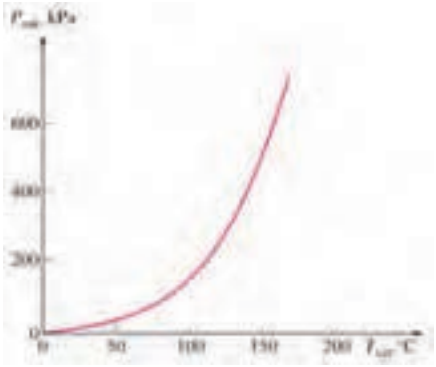
ارتباط دما با فشار

پرسش کلاسی

- آیا می‌دانید دمای جوشیدن آب چند درجه سلسیوس است؟
- آیا این امکان وجود دارد که آب، در هر دمایی، شروع به جوشیدن کند؟
- آیا می‌توانیم با کاهش فشار یک سیستم، فشردگی مولکول‌های به هم پیوسته آب را کاهش دهیم و شرایط را برای جوشش و بخار شدن آب، بدون تغییر دما، فراهم کنیم؟
- چه ارتباطی میان فشار و دما در سیالات وجود دارد؟

جوشیدن آب در شرایط استاندارد، در کنار دریا، که فشار یک اتمسفر است، در دمای $100^{\circ}C$ اتفاق می‌افتد، اما در شرایط دیگری که فشار کمتر از یک اتمسفر باشد، جوشیدن آب در دمایی کمتر از $100^{\circ}C$ خواهد بود.

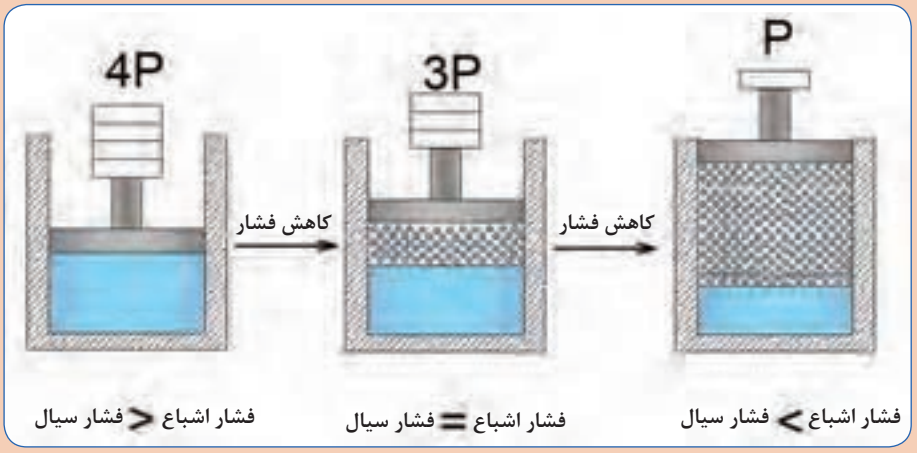
اثرات تغییر **فشار و دما** در سیال، در زمان تغییر فاز، با هم ارتباط مستقیم دارند، به‌عنوان مثال با کاهش فشار، درحالی‌که دما ثابت است، آب از حالت مایع به‌گاز تبدیل می‌شود.



شکل ۷ـ نمودار فشار و دمای اشباع آب

گفت‌وگوی کلاسی

سیلندر نشان داده شده در تصویر زیر حاوی آب و بخار آب است، با مقایسه وضعیت‌های نشان داده شده، تحلیل خود را در کلاس ارائه دهید.



ج) در این وضعیت، آب شدیداً تمایل به بخار شدن پیدا کرده است.

ب) در این وضعیت، آب شروع به جوشیدن کرده و مقداری به بخار تبدیل شده است.

الف) در این وضعیت، آب، در فشار کل مجموعه درحال تعادل است.

آزمایش

هدف : جوشش آب در فشار کمتر از یک اتمسفر

شرح :

- مقدار مشخصی آب را درون ظرف شیشه‌ای مخصوص آزمایش بریزید و مقدار آن را ثبت کنید.
- دمای محیط را ثبت کنید.
- درب ظرف را با استفاده از چوب پنبه به‌صورت آب بند ببندید.
- پمپ وکیوم را به ظرف متصل کنید و آن را روشن کنید. (دقت کنید آب وارد پمپ وکیوم نشود)
- بعد از اینکه فشار وکیوم به فشار اشباع متناظر با دمای محیط رسید، پمپ وکیوم را خاموش و از ظرف جدا کنید.
- جرم آب موجود در ظرف را اندازه‌گیری و ثبت کنید.

پرسش :

- تغییر حالت مایع درون ظرف چگونه است؟
- آیا در طول زمان وکیوم کردن، جرم آب تغییر می‌کند؟
- چه نتیجه‌ای از این آزمایش دریافت می‌کنید؟

نکته

سیالات مایع از جمله آب می‌توانند در دماهای مختلف به‌حالت جوشش درآمده و به گاز تبدیل شوند، به شرط آنکه در فشار مناسب قرار داشته باشند.

- به دمایی که مایع در فشار مشخصی به‌جوش می‌آید دمای جوش (دمای اشباع[۱]) متناظر با آن فشار می‌گویند.
- به فشاری که مایع در دمای مشخصی به‌جوش می‌آید فشار اشباع[۲] متناظر با آن فشار می‌گویند.

چنانچه ماده‌ای به‌صورت مایع در دما و فشار اشباع وجود داشته باشد مایع اشباع[۳] و اگر دمای مایعی کمتر از دما و فشار اشباع باشد مایع متراکم[۴] نامیده می‌شود.

هرگاه ماده‌ای به‌صورت بخار در دما و فشار اشباع وجود داشته باشد بخار اشباع[۵] و اگر دمای بخار بیشتر از دما و فشار اشباع باشد بخار فوق گرم[۶] نامیده می‌شود.

۱- Saturation temperature

۲- Saturation PRessure

۳- Saturated liquid

۴- Compressed liquid (sub cooling)

۵- Saturated vapor

۶- Superheated vapor

جدول ۱ــ دمای جوش و فشار اشباع آب

دمای اشباع آب (سلسیوس)	فشار اشباع آب kpa
-۱۰	۰/۲۶
-۵	۰/۴
۰	۰/۶۱
۵	۰/۸۷
۱۰	۱/۲۳
۱۵	۱/۷۱
۲۰	۲/۳۴
۲۵	۳/۱۷
۳۰	۴/۲۵
۴۰	۷/۳۹
۵۰	۱۲/۳۵
۱۰۰	۱۰۱/۴
۲۰۰	۱۵۵۵
۲۵۰	۳۹۷۶
۳۰۰	۸۵۸۸

کار کلاسی

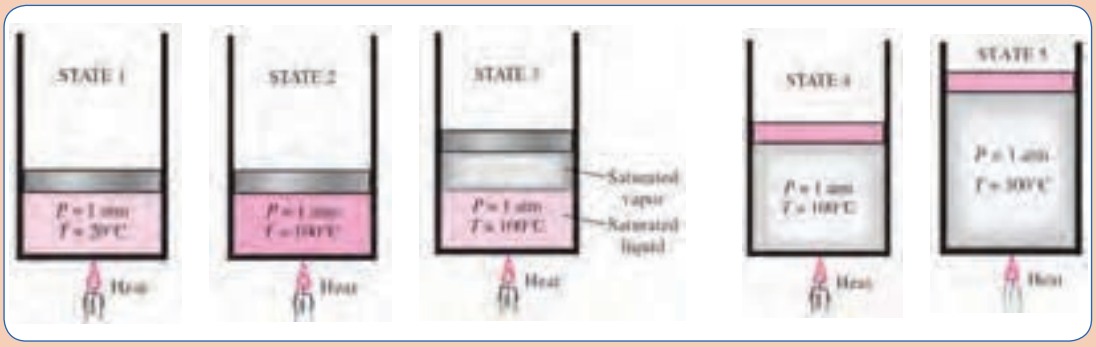
تحلیل خود را از جملات زیر با تعیین درست یا نادرست بودن آنها بیان کنید.	درست	نادرست
آب در ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌جوشد.		
آب درفشار ۱اتمسفردر ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌جوشد.		
دمایی که آب درآن می‌جوشد به فشار بستگی دارد.		
اگر فشار آب افزایش یابد، دمای جوش نیز کاهش می‌یابد.		
اگر بخواهیم آب در دمای محیط بجوشد باید فشار آن را کاهش دهیم.		
آب در مناطق مختلف در دماهای مختلف می‌جوشد.		

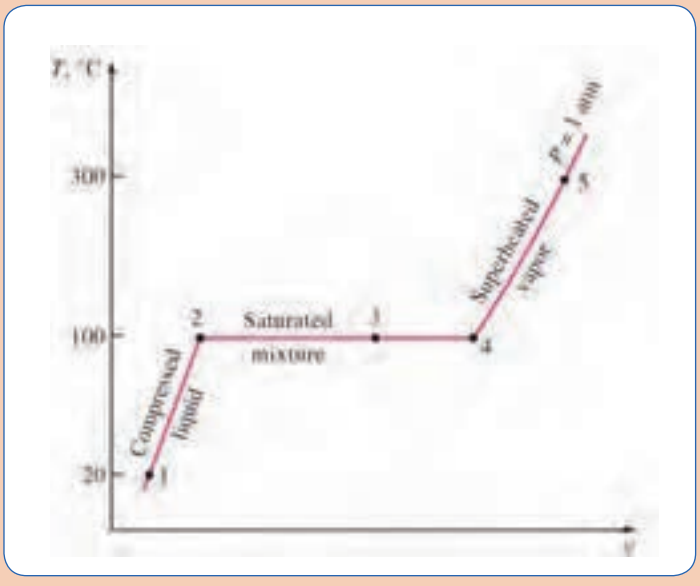
کار کلاسی

عبارت‌های با مفهوم یکسان را به هم وصل کنید	
مایعی که درآستانه تبخیر[۱] است.	بخاراشباع
مایعی که در آستانه تبخیر نیست.	مخلوط اشباع مایع- بخار
قسمتی از مایع اشباع تبخیر شده.	بخار فوق‌گرم
بخاری که درآستانه چگالش است.	مایع متراکم (مادون سرد)
بخاری که در آستانه چگالش نیست.	مایع اشباع

گفت‌وگوی کلاسی

تصاویر زیر را تحلیل کنید:





۱ـ Saturated temperature

گفت‌وگوی کلاسی

دلیل ایجاد حباب‌های هوا در پروانه ملخی قایق‌ها چیست؟

پرسش کلاسی

کاویتاسیون چیست وچگونه رخ می‌دهد؟

وقتی که فشار آب در یک مدار به‌مقداری کمتر از فشار بخار اشباع برسد ناپیوستگی درآب به‌صورت حباب‌ها یا حفره‌هایی که با بخار آب پر شده است به وجود می‌آید.
این حباب‌ها پس از طی مسیر کوتاهی به منطقه‌ای با فشار بیشتر رسیده و می‌ترکند و سر و صدا و امواج ضربه‌ای ایجاد می‌کنند و به‌سطح جامد ضربه وارد کرده و باعث فرسایش و خوردگی می‌شود که به این فرایند حفره‌زایی و ترکیدن مداوم کاویتاسیون می‌گویند.
فروید نخستین کسی بود که این پدیده را کشف کرده و نام حفره‌زایی (کاویتاسیون) را برآن نهاد.

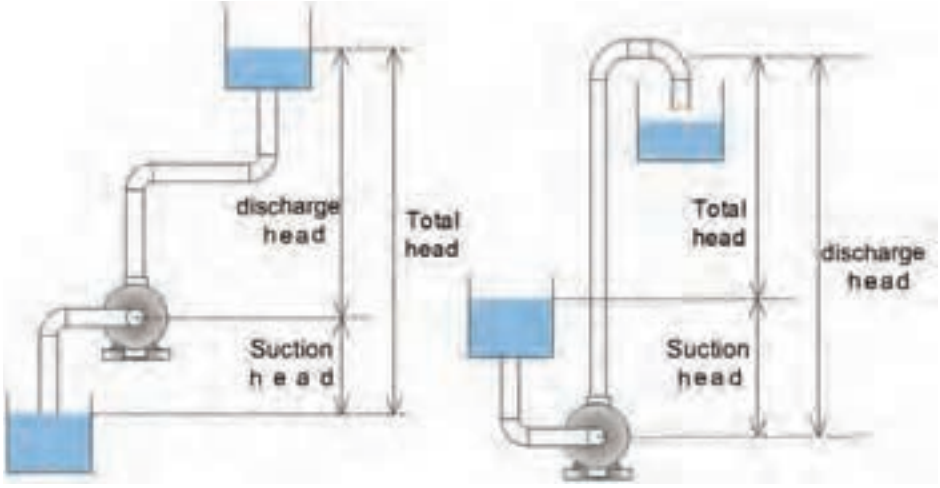
گفت‌وگوی کلاسی

با توجه به توضیحات ذیل به پرسش‌ها پاسخ دهید.

- منطقه (۱): سیال با انرژی (فشار) بسیار پایین وارد این بخش می‌شود. (حرکت سریع هواپیما روی آب را مجدداً تحلیل کنید.)
- منطقه (۲): انرژی سیال، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز با مؤلفه انرژی جنبشی (فشار دینامیکی) پدیدار می‌شود.
- منطقه (۳): انرژی جنبشی ذرات سیال با قرار گرفتن در فضای بین لبه پروانه و پوسته حلزونی به مؤلفه انرژی فشاری (فشار استاتیک)تبدیل می‌شود.
- آیا آب به درون پمپ مکش می‌شود یا اینکه با انرژی خود تحت تأثیر فشار اتمسفر وارد پمپ می‌شود؟
- در کدام بخش پمپ، خطر کاویتاسیون وجود دارد؟
- اگر ورودی پمپ را محدود کنیم، چه تأثیری بر پدیده کاویتاسیون می‌گذارد؟
- فشار و سرعت در نقاط ۳ و ۴ را تحلیل کنید.
- آیا نوع طراحی پوسته حلزونی شکل پمپ تأثیری بر پدیده کاویتاسیون دارد؟

هد مکش مثبت خالص[۱] (NPSH)

به حداقل انرژی با مفهوم هد (فشار) که پمپ برای انجام وظیفه خود به آن نیاز دارد، هد مکش مثبت خالص گفته می‌شود، لذا اگرهد مکش (فشار مکش) به‌اندازه کافی نباشد، پدیده کاویتاسیون رخ خواهد داد.



شکل ۸ ــ هد مکش[۲] و هد دهش[۳] پمپ

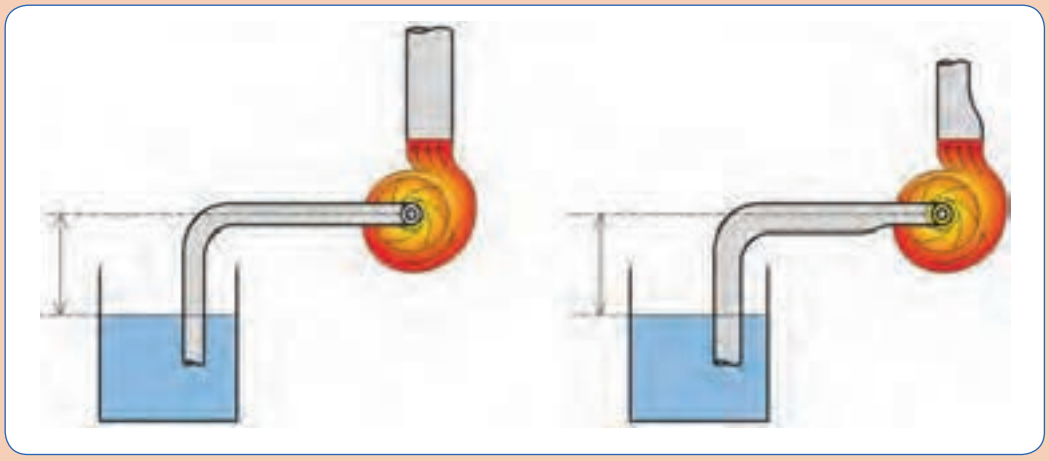
نکته

ـ میزان هد (فشار) قابل دسترس و مفید در نازل مکش پمپ هد مکش نام دارد.
ـ اگر پمپ آب را از مخزنی با سطح تراز پایین‌تر از مرکز پمپ دریافت کند دارای هد مکش منفی و اگر آب را از مخزنی با سطح تراز بالاتر دریافت کند دارای هد مکش مثبت خواهد بود.
ـ پمپ‌ها آب را در ورودی خود مکش نمی‌کنند بلکه آب دارای انرژی کافی (فشار کافی) را دریافت می‌کنند.
ـ پمپ با تبدیل کار مکانیکی به انرژی جنبشی، فشار دینامیکی را پدید آورده و با توجه به نوع طراحی پوسته حلزونی بخش زیادی از فشار دینامیکی به فشار استاتیکی تبدیل و آب به سمت خروجی پمپ هدایت می‌شود.

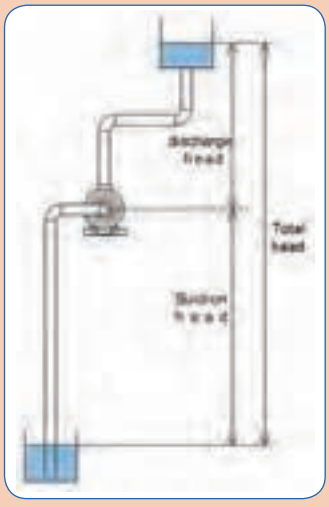
۱- Net Positive Suction Head
۲- Suction head
۳- Discharge head

پژوهش کنید

با توجه به‌تفاوت موجود در لوله مکش و دهش پمپ در تصاویر زیر، در مورد پدیده کاویتاسیون پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس بیان کنید.

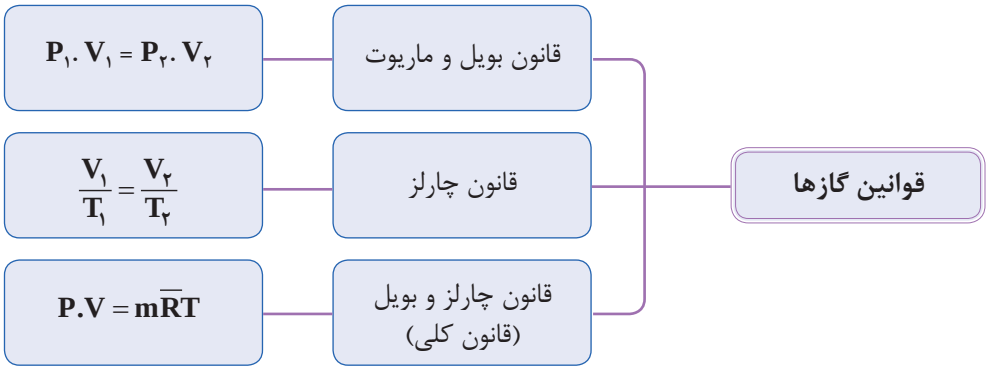


گفت‌وگوی کلاسی



ـ با توجه به اینکه پمپ‌ها، نمی‌توانند مکش کنند، چگونه آب را از مخزن با تراز ارتفاع پایین دریافت می‌کنند؟
ـ آیا پمپ‌ها می‌توانند آب را از هر عمقی دریافت کنند؟
ـ آب موجود در مخزن، انرژی بالقوه خود را از کجا دریافت کرده است؟

قوانین گازها[1]

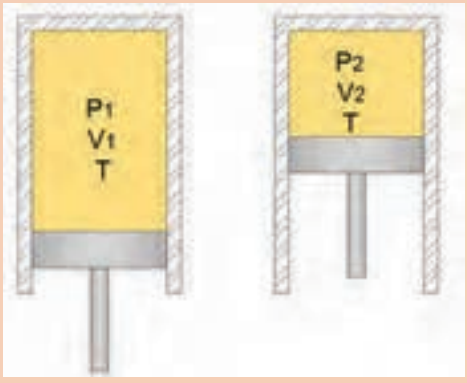


قانون بویل	اگر دما ثابت باشد، حاصلضرب فشار در حجم گاز مقداری ثابت خواهد بود.		
	P : فشار مطلق (پاسکال)	V : حجم (m^3)	$P_1 . V_1 = P_2 . V_2$
قانون چارلز	اگر فشار ثابت باشد با افزایش دما حجم گاز افزایش خواهد یافت.		
	T : دمای مطلق (کلوین)	V : حجم (m^3)	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

گفت‌وگوی کلاسی

با توجه به تصویر، پرسش‌های زیر را تحلیل کنید. (دما ثابت فرض شده است.)

- هنگامی که حجم سیلندر کاهش یابد چه تغییری در فشار گاز حاصل می‌شود؟
- طبق قانون بویل، هنگامی که فشار سیلندر دو برابر شود حجم گاز چه تغییری می‌کند؟
- آیا این امکان وجود دارد که با افزایش فشار، حجم گاز افزایش یابد؟



۱ـ Gas laws

قانون کلی گازها	ترکیبی از قوانین چارلز و بویل است و ارتباط بین فشار، حجم و دما را در گازها بیان می کند.		
	m : جرم مولی (کیلومول)	ثابت عمومی گازها	

طبق قانون کلی گازها، اگر یکی از ویژگی های گاز تغییر کند، حداقل یکی دیگر از ویژگی‌ها تغییر خواهد کرد.

گفت‌وگوی کلاسی

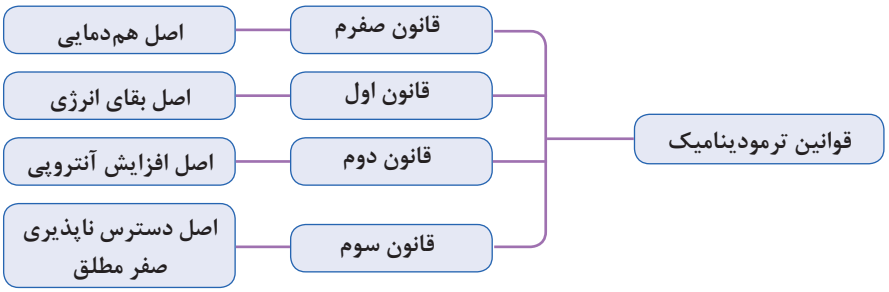
قانون کلی گازها را با فرضیات زیر تحلیل کنید:

- اگر دما ثابت فرض شود، تغییرات فشار و حجم چگونه خواهد بود؟
- اگر فشار ثابت فرض شود، تغییرات دما و حجم چگونه خواهد بود؟
- اگرحجم ثابت فرض شود، تغییرات فشار و دما چگونه خواهد بود؟

کار کلاسی

- اگر دمای هوای یک اتاق افزایش یابد، فشار هوای اتاق چند پاسکال تغییر خواهد کرد؟
- در صورت افزایش دمای هوا، عبور هوا از منافذ به داخل خواهد بود یا به خارج از اتاق؟
- آیا توجیهی برای پایین بودن دمای هوا در ساختمان هایی که در ارتفاعات قرار دارند وجود دارد؟

قوانین ترمودینامیک[1]



قانون صفرم ترمودینامیک (اصل هم دمایی)

- اگر جسم B با جسم A هم دما باشد و جسم C هم با جسم A هم دما باشد آنگاه نتیجه می‌گیریم که جسم B و جسم C نیز هم دما هستند.
- اگر دو جسم C و B هر کدام جداگانه با جسم A در تعادل گرمایی باشند، با هم در حال تعادل گرمایی‌خواهند بود.

۱- Termodynamic laws

گفت‌وگوی کلاسی

- آیا می‌توانید مثالی بیاورید که قانون صفرم ترمودینامیک را نقض کند؟
- شرط تعادل گرمایی بین دو جسم چیست؟
- کاربرد دماسنج را با قانون صفرم ترمودینامیک تحلیل کنید.

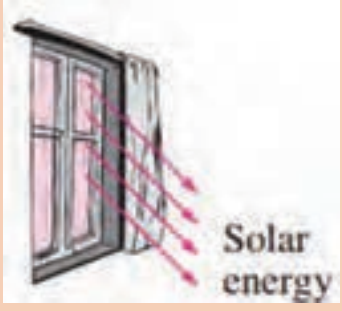
کار کلاسی

تعدادی قالب یخ $0^{\circ}C$ به وزن ۱۰۰ گرم را درون لیوان آب انداخته‌ایم، مقدار گرمایی که از آب به قالب‌های یخ انتقال می‌آید تا تمام یخ به آب $0^{\circ}C$ تبدیل شود چند ژول است؟

گفت‌وگوی کلاسی

فرض کنید در یک اتاق کاملاً بسته و تاریک قرار دارید، نه چیزی دیده می‌شود و نه هیچ صدایی شنیده می‌شود و نه حرکت مولکول‌های هوا را احساس می‌کنید.

- هنگامی که پرده‌ها کنار روند، با تابش امواج نورانی به اجسام، قادر خواهید بود اطراف خود را ببینید.
- هنگامی که پنجره‌ها باز شوند، قادر خواهید بود صدای طبیعت را بشنوید و با نسیمی، حرکت مولکول‌های هوا را احساس خواهید کرد.
- ممکن است در اثر تابش نور خورشید، یا جنبش مولکول‌های هوا، احساس سردی یا گرمی کنید.



- چه عاملی باعث شد بتوانیم ببینیم، بشنویم و وجود هوا را احساس کنیم؟
- در مورد انرژی چه می‌دانید؟
- اگر پنجره بسته و پرده‌ها کشیده شوند، چه می‌شود؟
- آیا انرژی از بین می‌رود؟
- در این بحث چه محدوده‌ای مورد مطالعه قرار گرفت؟

یادآوری از کتاب فیزیک پایه دهم هنرستان

گرما	کار	فشار	انرژی پتانسیل	انرژی جنبشی
$Q = mc(T_2 - T_1)$	$W = F.d$	$P = \frac{F}{A}$	$P_E = mgh$	$K_E = \frac{1}{2}mv^2$

m : جرم T : دما c : گرمای ویژه h : ارتفاع v : سرعت g : شتاب

F : نیرو A : مساحت شتاب جاذبه d : مسافت طی شده در اثر نیرو

گفت‌وگوی کلاسی

گونه‌هایی از انرژی که در سیستم‌های تأسیساتی مانند سیستم گرمایش و سیستم سرمایش با آن سروکار داریم کدام‌اند؟

☐	کار	☐	گرما	☐	پتانسیل سیستم	☐	جنبشی سیستم
☐	شیمیایی	☐	هسته ای	☐	پتانسیل مولکولی	☐	جنبش مولکولی

نکته

- به مجموع انرژی‌های شیمیایی، هسته‌ای، پتانسیل مولکول‌ها و جنبش مولکول‌های یک سیستم، انرژی درونی U گفته می‌شود.
- انرژی درونی در طول فرایندها ازگرما و کار تأثیر پذیرفته و مقدار آن تغییر می‌کند.
- کار و گرما گونه‌هایی از انرژی هستند که در فرایندهای تغییر دما و فشار، تغییر فاز ماده و... به یک سیستم داده یا از آن گرفته می‌شوند.

قانون اول ترمودینامیک (اصل بقای انرژی)

انرژی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود بلکه از گونه‌ای به گونهٔ دیگر تبدیل می‌شود.

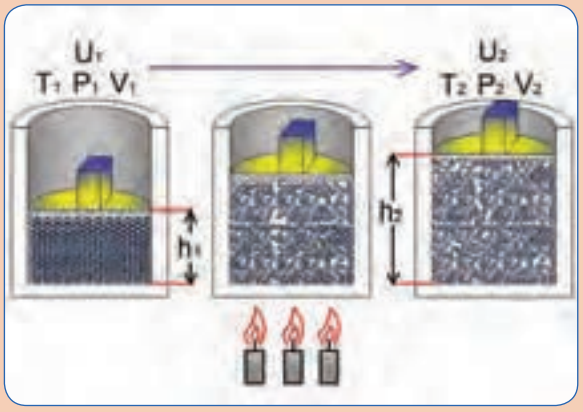
گفت‌وگوی کلاسی

آیا می‌توانید برای تبدیل انرژی از شکلی به شکل دیگر نمونه‌هایی مثال بزنید؟

کار کلاسی

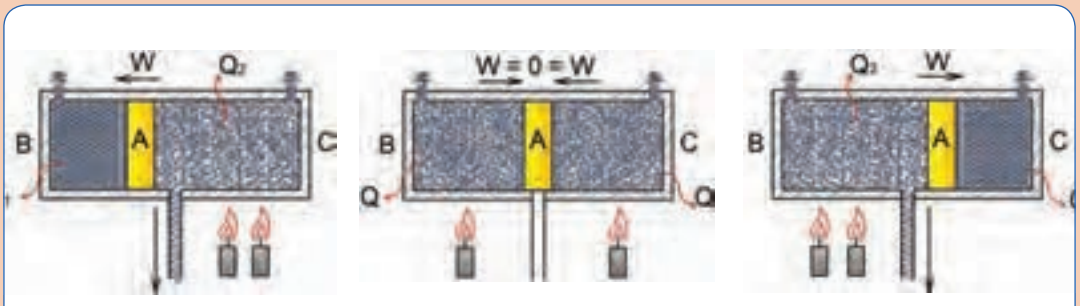
۱۰۰۰j گرما به مجموعه سیلندر و پیستون حاوی گاز با ویژگی‌های اولیه درحالت یک داده شده است، طی این فرایند پیستون به اندازه h_2-h_1 به سمت بالا حرکت کرده و به‌حالت ۲ با ویژگی‌های جدید رسیده است. تحلیل خود را با پاسخگویی به سؤالات زیر بیان کنید.

- کدام یک از ویژگی‌های T, P, V,U کاهش یافته است؟
- کدام ویژگی سیستم ثابت مانده است؟
- آرایش مولکولی گاز در کدام حالت نظم بیشتری دارد؟
- در حالت اول سیستم گرما یا کار دارد؟
- در حالت دوم سیستم گرما یا کار دارد؟
- در کدام حالت سطح انرژی سیستم افزایش داشته است؟
- اگر کار انجام شده در طول فرایند ۸۰۰j باشد، انرژی سیستم چه مقدار تغییر داشته است؟



کار کلاسی

تصاویر زیر را با توجه به قوانین صفرم و اول ترمودینامیک تحلیل کرده و به پرسش‌ها پاسخ دهید: (دو طرف پیستون نشان داده شده درتصاویر زیر هوا وجود دارد)

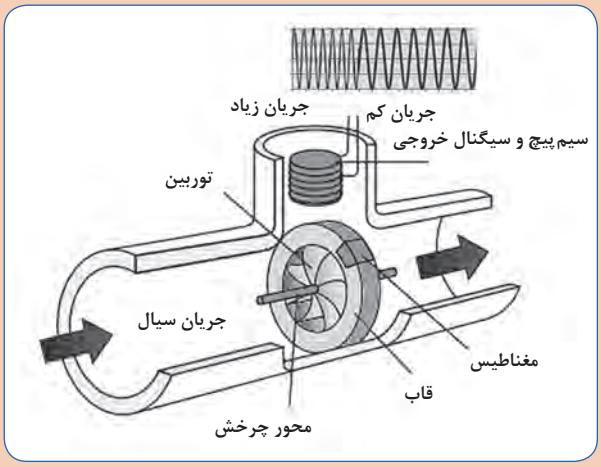


پ ب الف

- تعادل گرمایی در کدام وضعیت برقرار است؟
- انرژی به وجود نیامده و از بین هم نرفته است، چگونه از شکلی به شکل دیگر تبدیل شده است؟
- بیشترین احتمال عمل کردن سوپاپ اطمینان در کدام وضعیت وجود دارد؟
- تفاوت Q_1 و Q_2 در چیست؟

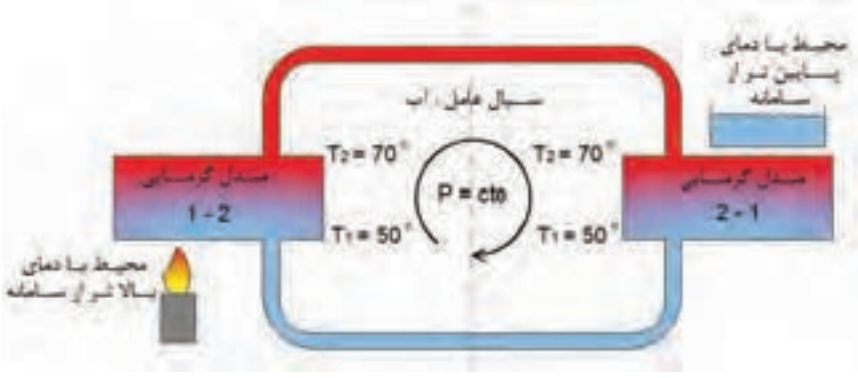
پژوهش کنید

در مورد نحوهٔ عملکرد توربین در فلومتر پکیج شوفاژ دیواری پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



چرخه ترمودینامیکی

در تصویر زیر طی فرایند ۲-۱ انرژی گرمایی از محیط با دمای بالاتر به سیستم داده شده است و دمای آب از ۵۰°C به ۷۰°C رسیده است و پس از انتقال آب با حالت ترمودینامیکی جدید به مبدل گرمایی دیگر، طی فرایند ۱-۲ انرژی گرمایی از سیستم به محیط با دمای پایین ترداده شده و سیستم به حالت ترمودینامیکی اولیه رسیده است، البته می‌توان با قرار دادن یک پمپ در مدار و انجام کار بر روی سیستم سرعت چرخه را افزایش داد.



شکل ۹ــ چرخه ترمودینامیکی مدار گرمایشی

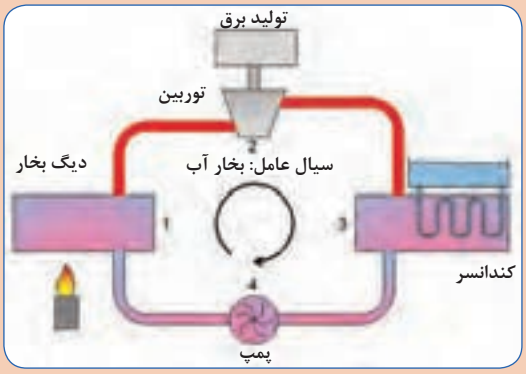
هنگامی‌که یک سیستم از حالت اولیه، چندین فرایند متفاوت را طی کند و درنهایت به‌حالت اولیه خود بازگردد، یک چرخه (سیکل[۱]) را طی کرده است، بنابراین در پایان یک چرخه، تمام ویژگی‌های سیستم و متغیرهای حالت، همان مقادیری را خواهند داشت که در اول داشته‌اند.

۱- Cycle

گفت‌وگوی کلاسی

با توجه به مراحل ذکر شده، چرخه نشان داده شده در شکل زیر را تحلیل کنید.

۱ـ تبدیل آب به بخار در دیگ بخار با دریافت گرما
۲ـ برخورد ذرات بخار با پره‌های توربین و تولید کار
۳ـ تبدیل بخار به آب با از دست دادن گرما
۴ـ جبران افت فشار مسیر با دریافت کار از محیط توسط پمپ



۱ـ به‌نظر شما هدف از اجرای این چرخه چیست؟
۲ـ برای کدام بخش از چرخه باید هزینه داد؟
۳ـ کدام بخش از این چرخه برای ما درآمد دارد؟

نکته

در یک چرخه به سیستمی که، کار و گرما با محیط تبادل کند به نحوی که کار خالصی که به محیط می‌دهد بیشتر از کاری باشد که از محیط دریافت می‌کند، موتور گرمایی نام دارد.

گفت‌وگوی کلاسی

ـ به چه دلیل برای اینکه به ویژگی‌های حالت اول برسیم باید از چرخه استفاده کنیم؟
ـ چرا مستقیماً فرایند را در جهت عکس طی نمی‌کنیم؟

قانون دوم ترمودینامیک (اصل افزایش آنتروپی)

اگرچه طبق قانون اول کمیت انرژی در جهان ثابت است، اما کیفیت انرژی در اثر تبدیل یا انتقال کاهش می‌یابد.

نتیجه اینکه فرایندها الزاما بازگشت پذیر نیستند

کیفیت انرژی، پتانسیل انرژی برای تولید کار مفید است.
عوامل بازگشت ناپذیری در فرایندها
۱ـ اصطکاک و افت‌های مسیر
۲ـ اصل انتقال گرما از جسم به دمای بالاتر به جسم با دمای پایین تر

گفت‌وگوی کلاسی

انرژی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود، پس چرا گفته می‌شود در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنید؟

اگزرژی

اگزرژی (انرژی در دسترس) ماکزیمم کار مفیدی است که از یک جریان ماده و یا انرژی قابل حصول است، البته کار مفید درصورتی ماکزیمم خواهد شد که فرایند بازگشت‌پذیر باشد.
به‌طور کلی در صنعت، انرژی به‌شکل کار مطلوب‌تر از گرما است، بنابراین اگر خروجی یک سیستم کار باشد مطلوب و اگر سیستم کارمصرف کند نامطلوب و البته اگر خروجی سیستمی گرما باشد نامطلوب خواهد بود.
در سیکل کاری سیستم‌ها، آنچه اهمیت دارد کاهش انرژی ورودی و افزایش انرژی مفید خروجی است لذا با داشتن راندمان دستگاه‌ها می‌توان انتخاب بهتری داشت.

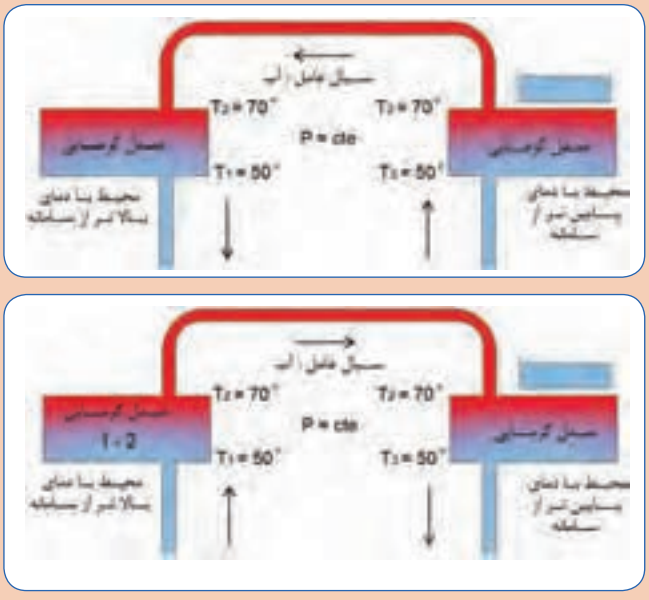
بازده موتور گرمایی

$$\eta = \frac{W_T}{Q_H + W_P}$$

$$\text{بازده (راندمان)} = \frac{\text{انرژی قابل فروش}}{\text{انرژی هزینه شده}}$$

گفت‌وگوی کلاسی

آیا می‌توان انرژی گرمایی را از محیط با دمای پایین‌تر دریافت و به محیط با دمای بالاتر از سامانه داد؟



نکته

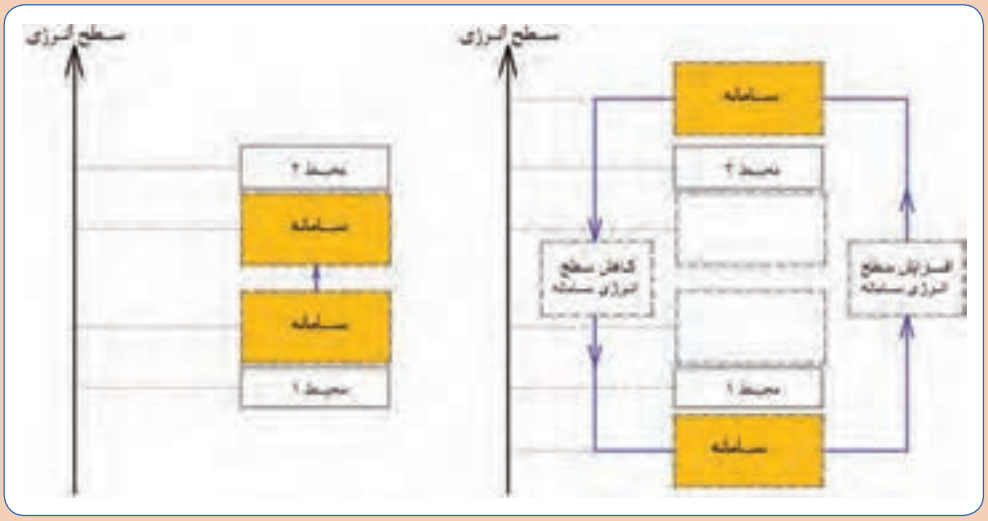
آنچه بیان‌گر و ارزیابی‌کننده کاهش کیفیت انرژی است، آنتروپی نام دارد که از ویژگی‌های یک سامانه است.

به موجب قانون دوم ترمودینامیک :

- در یک چرخه می‌توان تمام کار را به گرما تبدیل کنیم اما نمی‌توانیم تمام گرما را به کار تبدیل کنیم.
- نمی‌توان گرما را از محیط با دمای پایین‌تر به محیط با دمای بالاتر انتقال داد، مگر اینکه روی سامانه کار انجام گیرد.

گفت‌وگوی کلاسی

سامانه نشان داده شده در شکل زیر را با توجه به قانون دوم ترمودینامیک تحلیل و پرسش‌ها پاسخ دهید:



الف ب

- در تصویر الف آیا سامانه می‌تواند گرما را از محیط ۱ با سطح انرژی پایین‌تر از خود دریافت و آن را با محیط ۲ با سطح انرژی بالاتر انتقال دهد؟
- چگونه می‌توان سطح انرژی سامانه را پایین بیاوریم؟
- چگونه می‌توان سطح انرژی سامانه را افزایش دهیم؟

در دستگاه‌های سردکننده از مدار سرمایشی (تبرید) جهت سردسازی محیط ۱ با سطح انرژی پایین (با دمای T_L) و انتقال گرما به محیط ۲ با دمای (T_H) با سطح انرژی بالاتر استفاده می‌کنیم، سیالی که در مدار سرمایش استفاده می‌شود ماده مبرد (سردکننده) نامیده می‌شود.

در مدار تبرید از کمپرسور برای افزایش سطح انرژی سامانه و از شیر انبساط برای کاهش سطح انرژی سامانه استفاده می‌شود.

گفت‌وگوی کلاسی

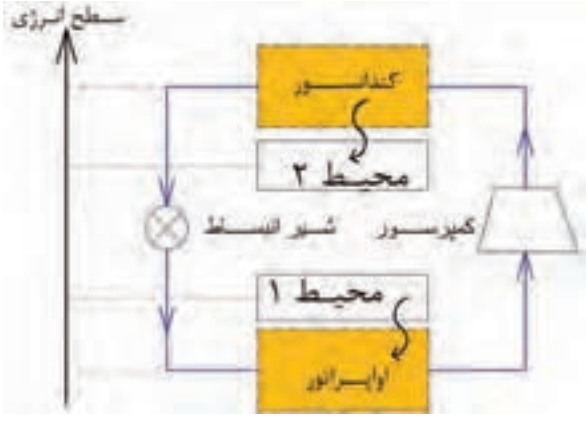
با توجه به قانون دوم ترمودینامیک مدار تبرید دستگاه‌های سردکننده را تحلیل و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

- آیا می‌توانیم از آب به‌عنوان سیال عامل مدار تبرید استفاده کنیم؟
- سیال مورد استفاده در مدار تبرید با توجه به سطح انرژی محیط ۱ چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟ (دمای اشباع/ فشار اشباع)

از پارامترهای مهم انتخاب اجزای مدار تبرید در دستگاه‌های سردکننده آگاهی از شرایط محیطی است که گرمای آن باید گرفته شود، می‌باشد.

گفت‌وگوی کلاسی

چرخه نشان داده شده در کدام یک از دستگاه‌های برودتی نیاز به کار کمتری دارد؟



نکته

اعداد نشان داده شده در تصویر، تقریبی و به‌عنوان نمونه داده شده‌اند.

اواپراتور

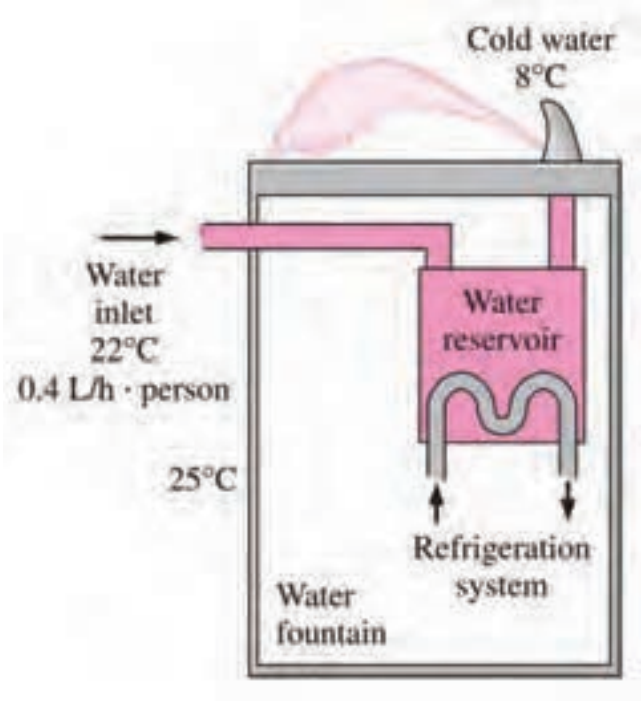
مبدلی که در سیستم‌های سردکننده جهت تبخیر ماده مبرد در قسمت فشار پایین و جذب گرمای موجود در محیط استفاده می‌شود اواپراتور نام دارد.

کندانسور

مبدلی که در سیستم‌های سردکننده جهت چگالش ماده مبرد در قسمت فشار بالا و انتقال گرمای جذب شده در سیستم به محیط بیرون استفاده می‌شود کندانسور نام دارد.

پژوهش کنید

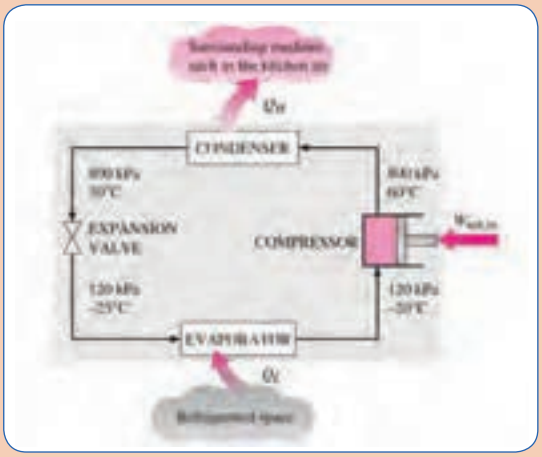
در مورد انواع کندانسور و انواع اواپراتور پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



شکل ۱۰ ـ جذب گرمای آب در آب سرد کن

گفت‌وگوی کلاسی

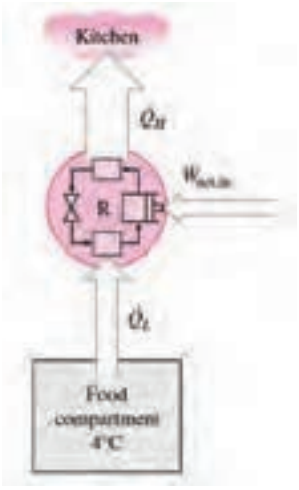
- در کندانسور چه اتفاقی باید رخ دهد تا گرما از سامانه خارج شود؟
- در اواپراتور چه اتفاقی باید رخ دهد تا گرما به سامانه وارد شود؟



بر خلاف چرخه موتور گرمایی که انرژی قابل فروش کار خروجی، در چرخه برودت، میزان گرمایی را که از محیط با سطح انرژی پایین (با دمای T_L) گرفته می‌شود دارای اهمیت است، لذا به‌جای واژه راندمان از ضریب عملکرد (کارایی سیستم) استفاده می‌شود.

همانطور که در تصاویر زیر مشاهده شد برای عملی شدن چرخه تبرید نیاز به‌کار ورودی وجود دارد، بنابراین هرچه بتوان با اعمال کارکمتر به سرمایش بیشتری دست یابیم کارایی سیستم بالاتر خواهد بود.

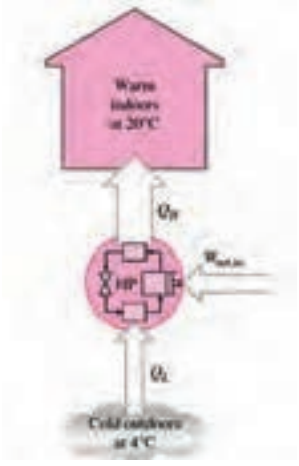
ضریب عملکرد[1] (کارآیی سیستم‌های برودتی)



$$COP = \frac{\text{سرمایش ایجاد شده}}{\text{کار ورودی}}$$

$$COP = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

ضریب عملکرد (کارآیی سیستم پمپ گرمایی)



$$COP = \frac{\text{گرمایش ایجاد شده}}{\text{کار ورودی}}$$

$$COP = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

۱ - Coefficient of performance (COP)

گفت‌وگوی کلاسی

پمپ گرمایی با یخچال چه فرقی دارد؟

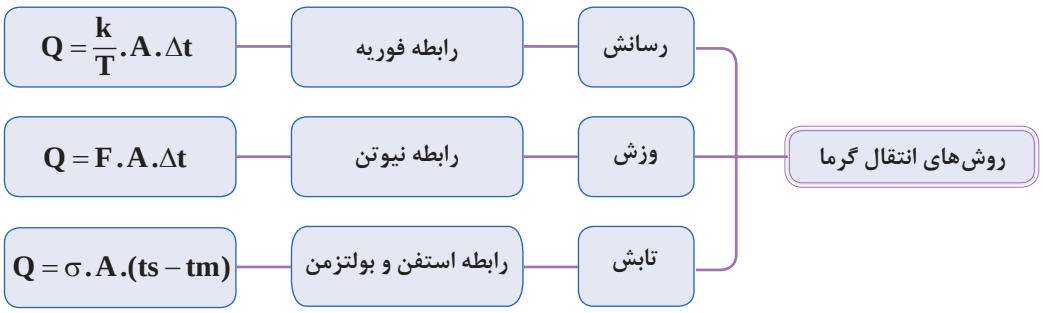
قانون سوم ترمودینامیک

- هیچ وقت نمی‌توانیم به صفرمطلق برسیم بلکه می‌توانیم به آن نزدیک شویم.
- هنگامی‌که انرژی یک سیستم به‌سمت حداقل مقدار خود میل کند، آنتروپی سیستم قابل چشم پوشی خواهد بود. اگر بتوانیم به دمای صفر مطلق برسیم، مولکول‌های کلیه مواد از حرکت باز می‌ایستند و عملاً هیچ‌گونه انرژی نخواهیم داشت و در نتیجه آنتروپی هم صفر خواهد بود، اما رسیدن به صفر مطلق عملاً غیرممکن است.

کار کلاسی

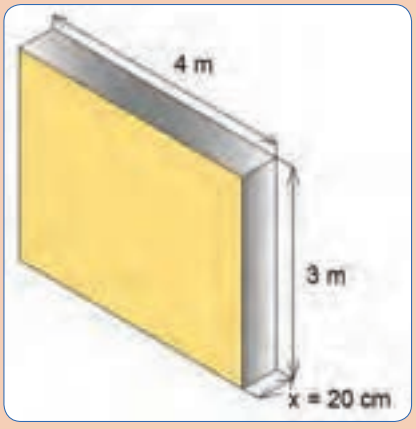
درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

	نادرست	درست
طبق قانون صفرم ترمودینامیک اگر دو جسم هم دما داشته باشند، تعادل گرمایی بین آنها برقرار است.		
طبق قانون اول ترمودینامیک اگر دمای دو جسم مجاور هم متفاوت باشد، انتقال گرما انتقال گرما رخ می‌دهد.		
طبق قانون دوم ترمودینامیک انتقال گرما همیشه از دمای بالاتر به دمای پایین تر اتفاق می‌افتد.		



ثابت تابش $\sigma = ۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸} \frac{W}{m^۲ {}^\circ K^۴}$

کار کلاسی



در تصویر مقابل اگر اختلاف دمای دو طرف دیواره $40^{\circ}C$ باشد، میزان گرمای انتقال یافته را محاسبه کنید.

$$K = 0/5 \frac{W.m}{m^2 \, ^{\circ}K}$$

در تصویر مقابل اگر دمای سطح دیواره $80^{\circ}C$ و میانگین دمای هوا $10^{\circ}C$ باشد، میزان گرمای انتقال یافته از سطح دیواره به هوا را محاسبه کنید. $F = 8 \frac{W}{m^2 \, ^{\circ}C}$

کار کلاسی

مقدار گرمای تابشی از یک رادیاتور دارای سطح سیاه و دمای $82^{\circ}C$ با سطح مؤثر $1m^2$ در اتاقی با دمای $21^{\circ}C$ را محاسبه کنید.

پژوهش‌کنید

در مـــورد نرم‌افزارهـــا و دوربین‌های گرمایی و کاربردی که در صنعت تأسیسات دارند پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش‌کنید

در مورد کاربرد اجسام عبوردهنده، جذب کننده و بازتاب‌کننده در صنعت تأسیسات پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

گفت‌وگوی کلاسی

اگر انتقال گرما ناخواسته اتفاق بیافتد اتلاف گرمایی نام دارد، با این تعریف تحلیل خود را در مورد تبادل گرمایی سامانه‌های زیر با محیط بیان کنید:

سامانه	محیط	آیا اتلاف گرما داریم؟	نوع انتقال گرما
فضای اتاق	اتاق مجاور هم دما		
فضای داخل سردخانه	فضای بیرونی		
فضای داخل یخچال	مواد غذایی		
لوله‌های سیستم گرمایش	مسیر موتورخانه تا ساختمان		
رادیاتور شوفاژ	فضای اتاق		
مخزن انبساط باز	فضای بیرونی		

طراحان و مهندسین محاسب تأسیسات برای دستیابی به شرایط بهینه در طراحی و محاسبه تأسیسات ساختمان‌ها با کاربری‌های مختلف، در صورت آشنایی کامل اصول و قوانین انتقال گرما قادر خواهند بود میزان بار گرمایی مورد نیاز را برآورد کرده و ظرفیت مناسب برای تجهیزات سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی و نیز نوع تجهیزات را محاسبه نمایند.

آشنایی مجریان تأسیسات با اصول تبادل‌گرما در صرفه جویی منابع انرژی و نیز دستیابی به شرایط پیش‌بینی شده توسط طراح و محاسب بسیار مؤثر خواهد بود.

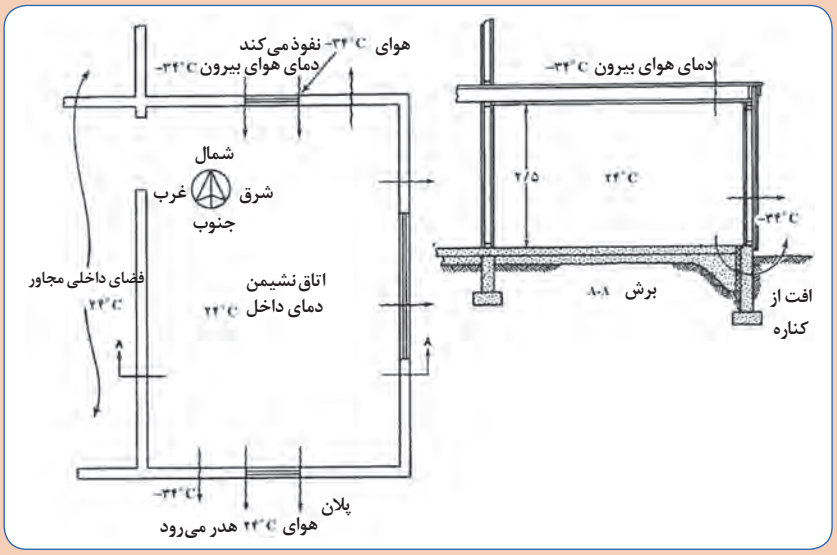
گفت‌وگوی کلاسی

تأثیر عوامل زیر در اتلاف گرمایی از طریق یک دیوار را بیان کنید؟ می‌توانید از رابطه فوریه استفاده کنید.

جنس مصالح	
سطح	
ضخامت	
اختلاف دما	

کار کلاسی

اتلاف گرمایی ساختمان با مشخصات نشان داده شده را تحلیل و جدول را تکمیل کنید.



مشخصات جداره‌ها	آیا اتلاف داریم؟	نوع تبادل گرما با محیط	پیشنهاد شما برای کاهش اتلاف گرمایی
دیوار و پنجره شمالی			
دیوار و پنجره جنوبی			
دیوار و پنجره شرقی			
دیوار و پنجره غربی			
سقف			
کف			
منافذ و سوراخ‌ها			

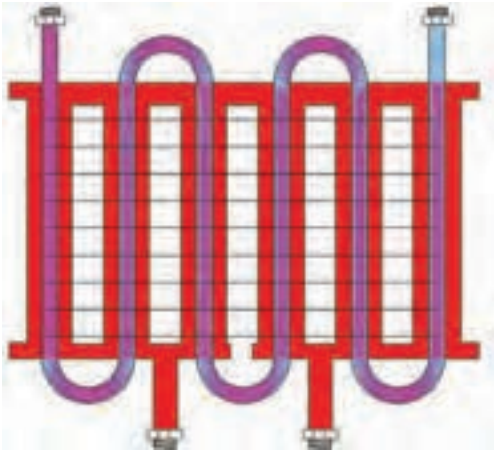
گفت‌وگوی کلاسی

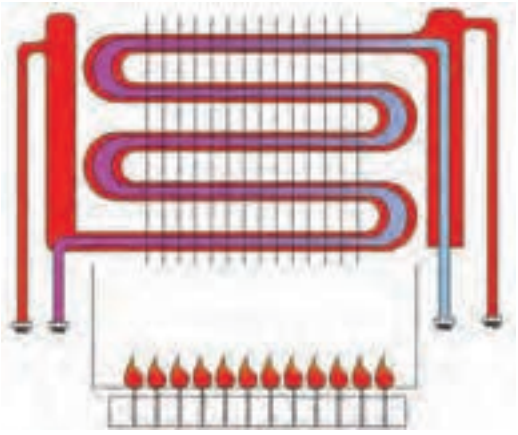
تأثیر عوامل زیر در تبادل گرمایی رادیاتور با هوای اتاق را بیان کنید؟ می‌توانید از رابطه نیوتن استفاده کنید.

کیفیت سطح	
سطح	
اختلاف دما	

پژوهش کنید

در مورد تبادل گرمایی بین آب گرمایش و آب‌گرم مصرفی در پکیج را با توجه به‌تصاویر زیر پژوهش کرده و به سؤالات زیر پاسخ دهید.



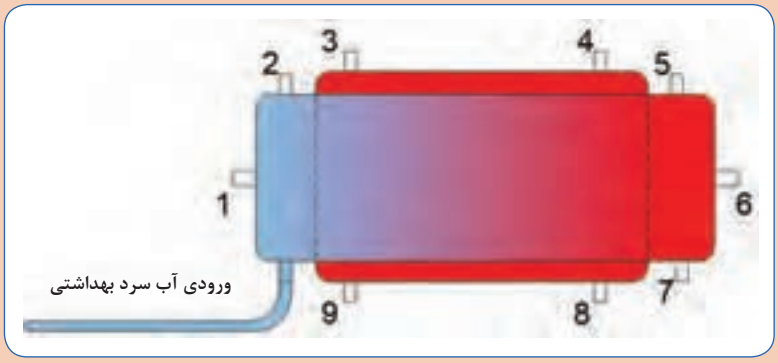


- پره‌هایی که بر روی مبدل نصب شده‌اند چه کاربردی دارند؟
- در کدام تصویر تبادل گرمایی بهتر صورت می‌گیرد؟
- آیا می‌توان گفت مقدار گرمایی که آب‌گرم مصرفی دریافت می‌کند برابر گرمایی است که آب سیستم گرمایش از دست می‌دهد؟
- آب سیستم گرمایشی از یک طرف با شعله مستقیم و از طرف دیگر با آب گرم مصرفی تبادل گرمایی دارد، آیا می‌توان گفت آب سیستم گرمایشی مانند یک دیوار بین شعله و آب گرم مصرفی هدایت گرمایی را انجام می‌دهد؟

پژوهش کنید

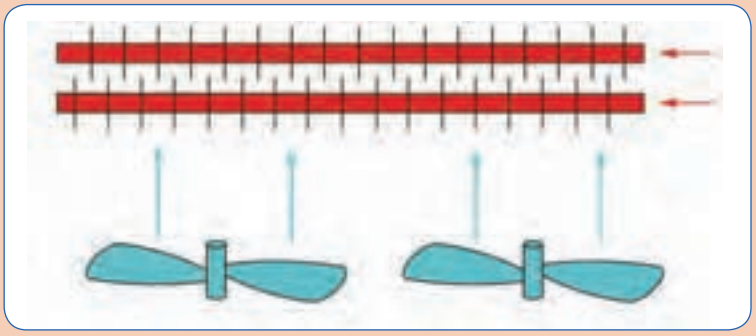
با توجه به تصویر داده شده، در مورد بهترین محل اتصال لوله‌های مخزن دو جداره، پژوهش کرده و نتیجه رادر کلاس مورد بحث قرار دهید.

	ورود آب سیستم گرمایشی		خروج آب سیستم گرمایشی
	برگشت آب گرم مصرفی		خروج آب گرم مصرفی



گفت‌وگوی کلاسی

تصویر زیر را تحلیل کرده و به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.



شکل ۱۱ـ جریان متقاطع در مبدل‌های گرمایی

- برای انتقال گرما از چه روشی استفاده شده است؟
- تأثیر تغییر مؤلفه‌های زیر در انتقال گرما چگونه است؟

الف) سرعت وزش هوا　　ب) سرعت سیال در کویل

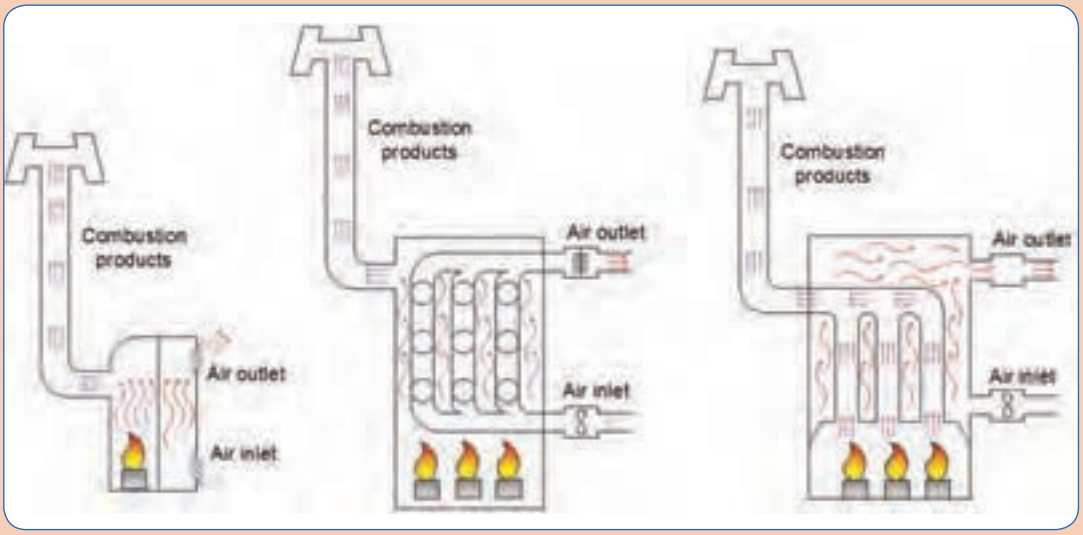
پ) تعداد فین روی کویل‌ها　　ت) تعداد کویل در دستگاه

کوره‌ها

درصورت استفاده از هوای گرم برای گرمایش فضاها از دستگاهی به‌نام کوره هوای گرم برای تولید هوای گرم استفاده می‌شود، کوره‌ها در انواع مختلف با جریان طبیعی و جریان اجباری و نیز در ابعاد مختلف ساخته می‌شوند. بخاری‌هایی که در منازل مسکونی هم استفاده می‌شوند از ساده‌ترین نوع کوره می‌باشند.
در کوره‌های هوای گرم از شعله مستقیم جهت گرم کردن هوا استفاده می‌شود.

کار کلاسی

تصاویر زیر را از نظرانتقال گرما تحلیل و به پرسش‌ها پاسخ دهید.



الف ب پ

- مکانیزم گرم شدن هوا را در هر تصویر با یک جمله توصیف کنید.
- در تصاویر فوق از چه روشی برای انتقال گرما استفاده شده است؟
- سطح تماس هوا با شعله در کدام تصویر بیشتر است؟
- نصب فن جهت گردش هوا در کانال ورودی مناسب‌تر است یا کانال خروجی هوا؟
- رابطه $q = mc\Delta t$ را با توجه به تصاویر تحلیل کنید.

(گرمای مورد نیاز در واحد زمان، برای اینکه دمای جریان هوا با گرمای ویژه c و با دبی جرمی m از دمای t_{in} به دمای برسد.)

پژوهش‌کنید

در مورد انواع کوره‌های هوای گرم پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

نمونه ارزشیابی

توجه: سؤالات زیر درسه بخش طراحی گردیده است. درصورتی شما می‌توانید سؤالات بخش دوم (درحدقابل قبول) را پاسخ دهید که به ۸ سؤال از ۱۰سؤال بخش اول پاسخ صحیح داده باشید. ودرصورتی می توانید به سؤالات بخش سوم (بالاتر از حدانتظار) پاسخ دهید که به ۴ سؤال از ۶ سؤال بخش دوم پاسخ صحیح داده باشید.

بخش اول

ارتباط موضوعی جملات داده شده را همانند نمونه در جدول تکمیل نمایید.

موضوعات				
قانون نیوتن	**قانون دوم ترمودینامیک**	**پایستگی انرژی**	**قانون گازها**	**اصل برنولی**
اصل پاسکال	**اصل تراکم ناپذیری مایعات**	**ضریب عملکرد**	**قانون فوریه**	**قانون پیوستگی**

	موضوع	جمله
۱	اصل برنولی	اگر سرعت سیال درون لوله ای افزایش یابد فشار سیال کاهش می‌یابد.
۲		اگر فشار پکیج گرمایشی را یک بار افزایش دهیم، کل اجزای مدار گرمایش این فشار را دریافت می‌کنند.
۳		هر چه لزجت یک سیال کمتر باشد، تنش برشی کمتری برای جاری شدن نیاز دارد.
۴		گرمای داده شده به یک سیستم ۸۰۰ ژول و کار دریافتی ۲۰۰ ژول می‌باشد بنابراین انرژی درونی ۶۰۰ ژول افزایش یافته است.
۵		اگر دو ماده با دماهای مختلف در کنار هم قرار گیرند، به‌طور طبیعی انرژی به شکل گرما از ماده با دمای بالاتر به ماده با دمای پایین تر انتقال خواهد یافت.
۶		اگر آب ورودی به یک حوضچه ۵۰۰ لیتر و آب خروجی از آن ۳۰۰ لیتر باشد، میزان آب مانده در حوضچه ۲۰۰ لیتر خواهد بود.
۷		دمای گاز خروجی از کمپرسور، (ضمن افزایش فشار و تراکم گاز) افزایش می‌یابد.
۸		در یک دیوار عایق اگر سطح یک پنجره معمولی دو برابر شود، اتلاف گرمای مربوط به پنجره دو برابر خواهد شد.
۹		کاربرد دستگاه کمپرسور افزایش فشار گازها می باشد و اگر مایع وارد کمپرسور شود اجزای دستگاه صدمه خواهند دید.
۱۰		اگر محیط بیرونی و ماده مبرد یک دستگاه برودتی هم دما شوند کارایی چرخه تبرید صفر خواهد شد.(مانند زمانی که کندانسر دستگاه در موقعیتی قرار گیرد که نتواند با محیط تبادل گرما داشته باشد.)

بخش دوم

چنانچه هنرجو از ده پرسش بخش اول به ۸ پرسش پاسخ درست دهد پرسش‌های زیر را مطرح کنید و چنانچه از ۶ پرسش این بخش به ۴ پرسش پاسخ درست دهد نمره قابل قبول را کسب می کند.

۱ـ تحلیل خود را در مورد پدیدهای زیر در قالب یک جمله با یک مثال بیان کنید:

الف) سیفون

ب) ضربه قوچ

پ) کاویتاسیون

۲ـ اگر به آب درون یک مدار بسته مجهز به سوپاپ اطمینان (۲bar)گرما دهیم، در دمای ۱۲۱°C شروع به جوشیدن می کند.

الف) چه تحلیلی برای این اتفاق دارید؟

ب) آب در چه دمایی به حالت اشباع در می آید؟

۳ـ مفهوم عبارات زیر را بیان کنید:

الف) بخار فوق گرم

ب) بخار اشباع

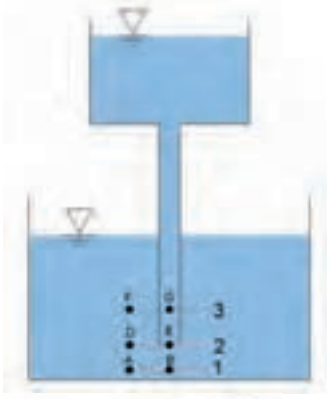
پ) مایع متراکم

ت) اگزرژی

ث) بازگشت ناپذیری

ج) تبدیل انرژی

۴ـ تفاوت عملکرد کندانسر و اواپراتور را در سیستم تبرید بیان کنید.



۵ـ با توجه به تصویر به پرسش‌ها پاسخ دهید:

الف) کدام خط تراز بیشترین فشار و کدام خط تراز، کمترین فشار را دارد؟

ب) در خط تراز ۱، فشار کدام نقطه بالاتر است؟

پ) در خط تراز ۲، فشار کدام نقطه بالاتر است؟

ت) در خط تراز ۳، فشار کدام نقطه بالاتر است؟

۶ـ با توجه به تصویر به پرسش‌ها پاسخ دهید.

الف) در صورتی که ارتفاع ساختمان ۴ متر باشد، سرعت خروج آب از لوله آب باران را محاسبه کنید.

ب) فشار استاتیک در ارتفاع ۱ متری از کف چند پاسکال است؟

$$\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$$

$$g = ۹/۸ \frac{m}{s^۲} \approx ۱۰ \frac{m}{s^۲}$$

۷ـ نتایج یکی از پژوهش های انجام شده در این پودمان را به انتخاب خود، برای هنرآموز محترم تحلیل و شرح دهید.

بخش سوم :

بعد از کسب شایستگی در بخش های قبلی از سه پرسش زیر به دو پرسش پاسخ دهید.
۱ـ دو اقدام عملی برای جلوگیری از ایجاد ضربه قوچ در یک مدار آبی تحت فشار بیان کنید.
۲ـ سه اقدام عملی برای اینکه در یک پمپ کاویتاسیون اتفاق نیافتد را بیان کنید.
۳ـ نتایج یکی از پژوهش های انجام شده در این پودمان را به انتخاب هنرآموز مورد سؤال قرار گیرد.

ارزشیابی:

ارزشیابی در این درس براساس شایستگی است. برای هر پودمان یک نمره مستمر (از ۵ نمره) و یک نمره شایستگی پودمان (نمرات ۱، ۲ یا ۳) با توجه به استاندارد های عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می گردد. امکان جبران پودمان های در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و بر اساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان تحلیل وبررسی پدیده‌های حرارت وسیالات

تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
تحلیل وبررسی پدیده‌های حرارت و سیالات	به‌کارگیری مفاهیم مکانیک سیالات وترمودینامیک در سیستم‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان	بالاتر از حد انتظار	ـ تحلیل و به‌کارگیری مفاهیم گرانروی، ضربه قوچ، تراکم‌پذیری، قانون برنولی، جریان آرام و آشفته، قانون پیوستگی، قانون بقای انرژی و اصل‌دوم ترمودینامیک درتأسیسات، تبدیل انرژی ـ تشخیص عوامل مؤثر برکاویتاسیون ـ افت فشارـ قوانین گازها، راندمان، روش‌های انتقال گرما، چرخه های ترمودینامیکی	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	ـ به‌کارگیری مفاهیم گرانروی، تراکم‌پذیری، قانون برنولی، جریان آرام و آشفته، قانون پیوستگی، قانون بقای انرژی و اصل دوم ترمودینامیک در تأسیسات ـ چرخه‌های ترمودینامیکی	۲
		پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)	مفاهیم ضربه قوچ ـ افت فشار ـ کاویتاسیون قوانین ترمودینامیک ـ قوانین گازها ـ انتقال گرما و مبادله انرژی	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				