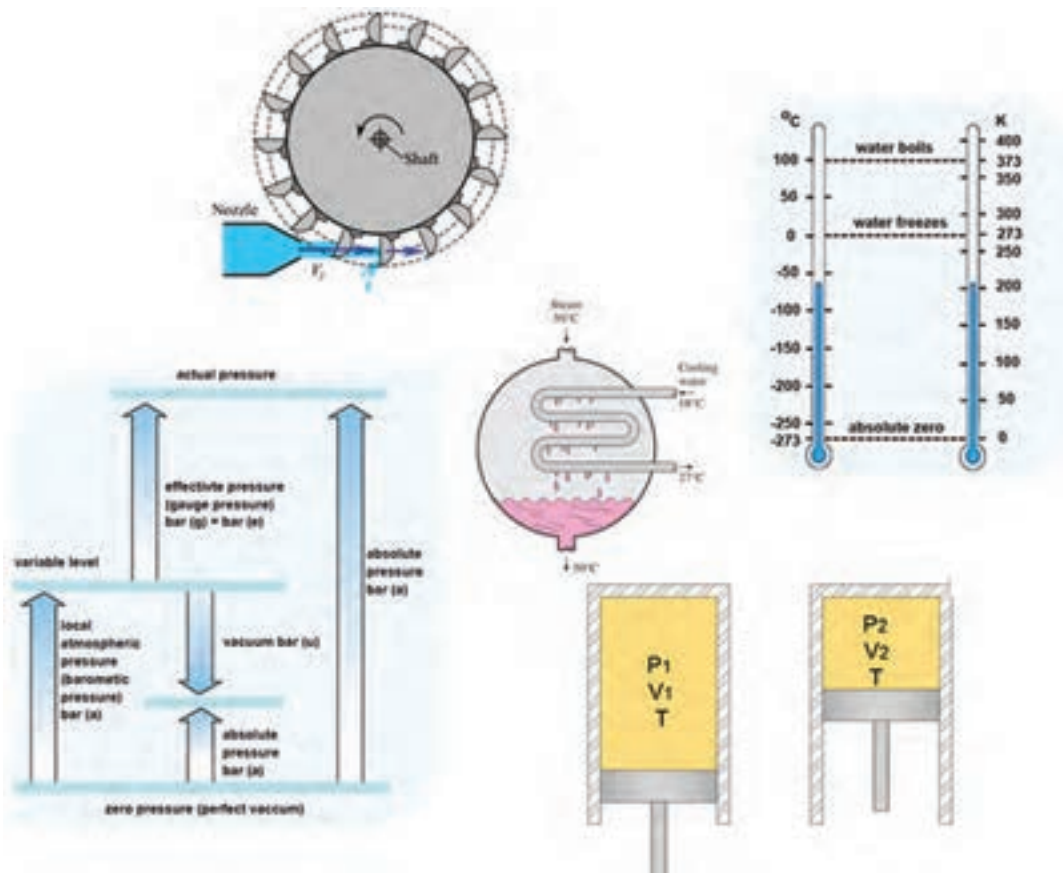


پودمان ۲

تحلیل و بررسی پدیده‌های حرارت و سیالات

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.



طبیعت مواد، میل به تعادل و پایداری دارد مگر اینکه عاملی بیرونی، تنش 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...

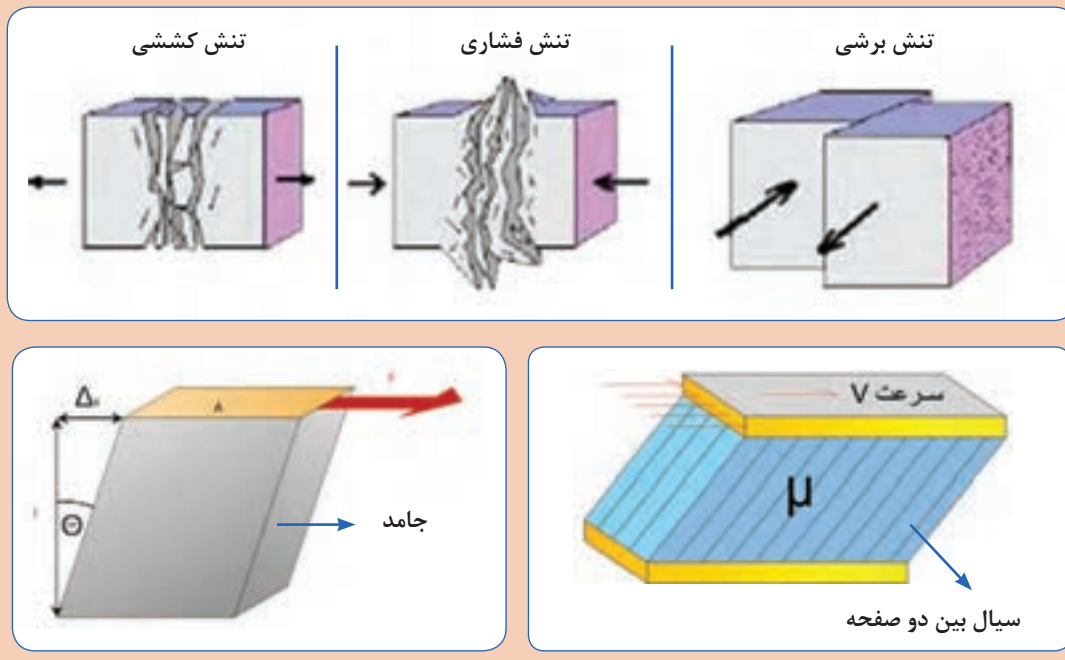
نکته ۱: معمولاً مواد در مقابل تنش‌های وارده، مقداری کرنش می‌کنند، این کرنش‌ها در مواد جامد می‌تواند به شکل تغییر شکل دائم یا موقت و در مایعات به صورت جاری شدن ظاهر می‌شود.

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.

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





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

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

گرانروی^۱ (لزجت)



- آیا دو سیال روغن و آب مانند هم جاری می‌شوند؟ کدام یک روان‌تر، جاری می‌شود؟
- آیا دو سیال هوا و بخار آب مانند هم جاری می‌شوند؟ کدام یک روان‌تر 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 اندازه‌گیری Pa.s، SI 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 ۱- مقایسه روانی جریان سیالات با لزجت متفاوت

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

گفت‌وگوی
کلاسی



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

پژوهش‌کنید

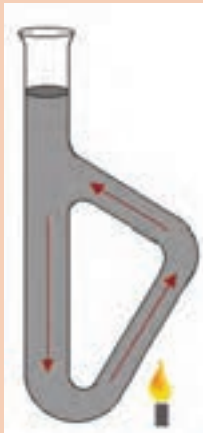


تراکم پذیری

به دلیل 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 تراکم‌ناپذیر^۲ می‌گوییم.

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

پژوهش‌کنید



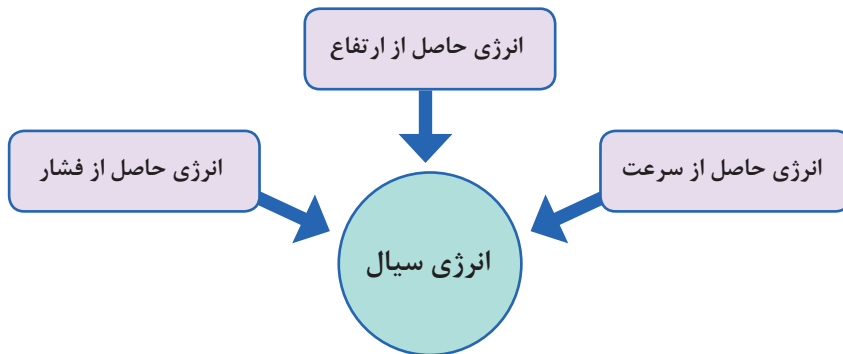
چگالی چیست؟
به چه دلیل هوای گرم به سمت بالا حرکت می‌کند؟
در مورد ترموسیفون در مدار گرمایش پژوهش کرده، نتایج را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش‌کنید



۱- Compressible

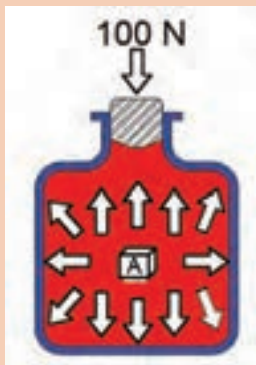
۲-Incompressible



اصل پاسکال

یکی از مهم ترین 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



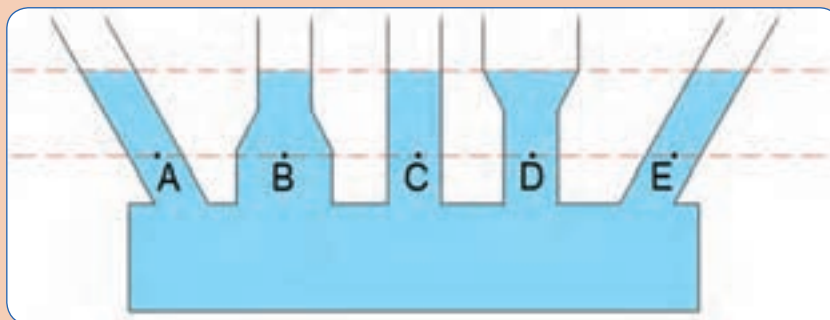
در شکل روبه‌رو نیروی ۱۰۰ نیوتنی بر چوب پنبه با مساحت یک سانتی‌متر مربع اعمال شده است، اختلاف فشاری که بر نقاط مختلف، از جمله بر سطوح مختلف مکعب A غوطه‌ور در سیال وارد می‌شود را تعیین کنید.

** در این 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

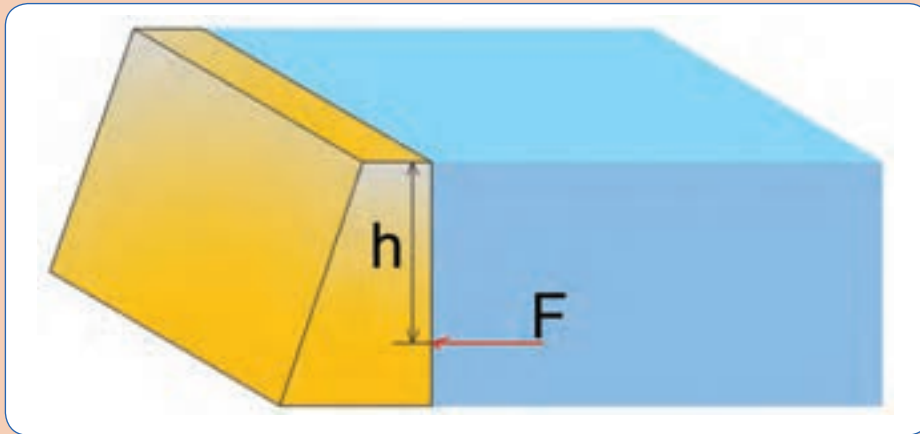


در تصویر صفحه قبل فشار اتمسفر، یکسان به همه سطوح آزاد مایع وارد می‌شود، بنابراین از نوشتن آن در معادله فشار خودداری می‌کنیم و فقط فشارهای نسبی را با هم مقایسه می‌کنیم. $P = \rho gh$

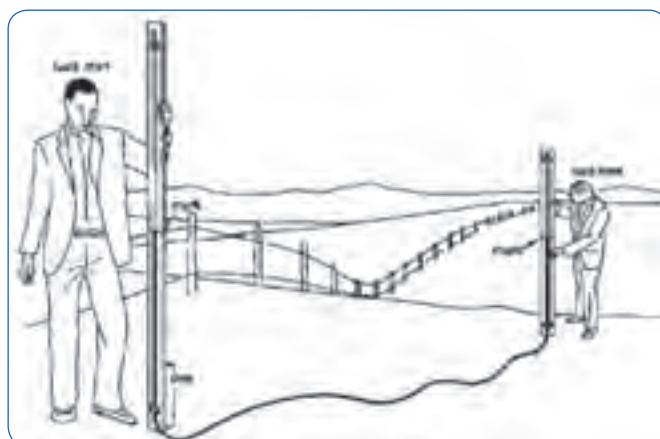
گفت‌وگوی کلاسی



در تصویر زیر به چه دلیل هرچه عمق آب افزایش می‌یابد پایه سد در آن قسمت قطورتر می‌شود؟



	هدف	ترازیابی	آزمایش
	شرح	<p>$\frac{2}{3}$ 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 ترازیابی کنید.</p>	
پرسش	<p>- توجیه علمی این آزمایش چیست؟ - آیا از این آزمایش می‌توانیم در شیب‌بندی لوله‌های تأسیسات استفاده کنیم؟ - اگر داخل شیلنگ حباب‌های هوا وجود داشته باشد چه اتفاقی می‌افتد؟ - آیا از این آزمایش می‌توانیم به تراز نصب رادیاتورهای یک مجموعه پی ببریم؟</p>		
نتیجه			



شکل ۲- استفاده از شیلنگ تراز در زمین‌های ناهموار

قانون برنولی

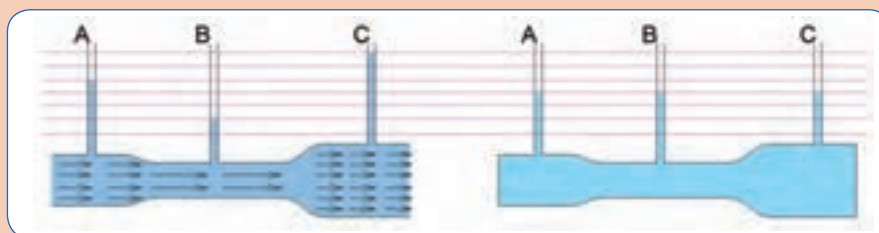
کار کلاسی



تصاویر زیر را مورد بحث قرار دهید :

(ب) سیال در حال جریان، قطر لوله متغیر

(الف) سیال بدون 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.

* در جاهایی از لوله که جریان آب تندتر است، فشار کمتر است. (فلش‌های با طول بلند به معنی سرعت بالاتر می‌باشد).

قانون برنولی برای سیالی که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند به صورت زیر بیان می‌شود:

در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.

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

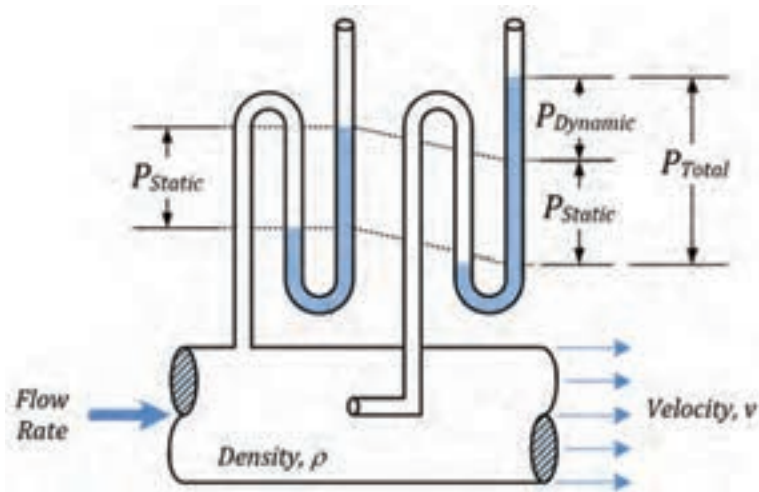


گفت‌وگوی کلاسی



قانون برنولی نه تنها برای مایع‌ها، بلکه برای گازها نیز برقرار است.

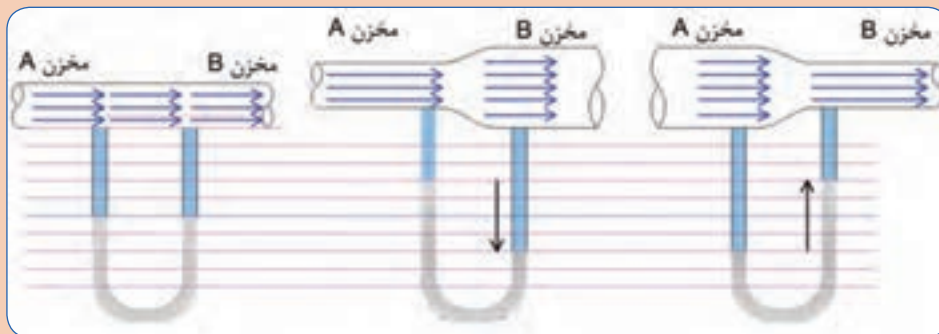
نکته



شکل ۳- نحوه اندازه‌گیری فشار استاتیک و فشار دینامیک

هدف	بررسی فشار استاتیکی و دینامیکی	آزمایش
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 می کنید؟ زمانی که جلوی خروج آب را گرفته اید سرعت آب چقدر خواهد بود؟ زمانی که شیر کاملاً بسته است، چه نوع فشاری روی شیر وارد می شود؟	
نتیجه		

با در نظر 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 برده ایم؟

کار کلاسی

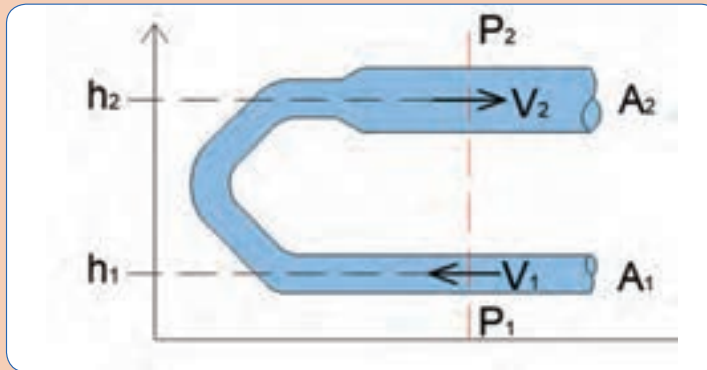


پژوهش کنید



هد با فشار چه تفاوتی دارد؟

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



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

کار کلاسی



نکته

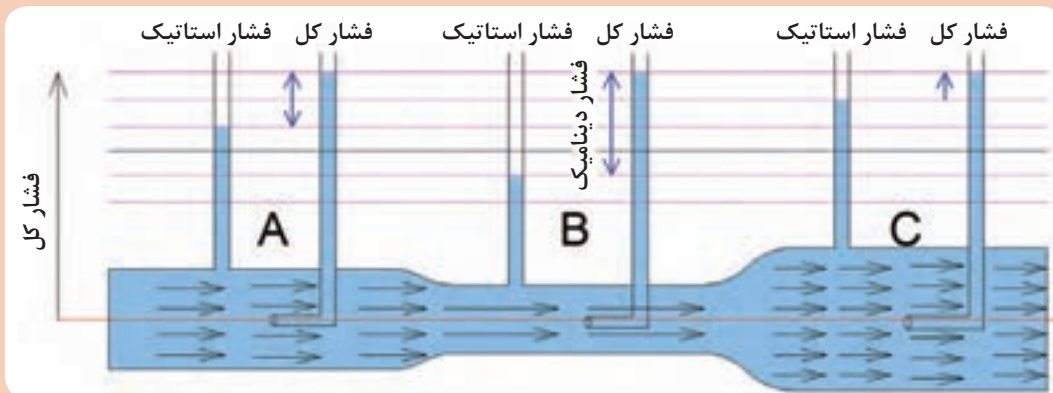


در صنعت، از سیال به‌عنوان عامل انتقال انرژی استفاده می‌شود، در صنعت تأسیسات انتقال انرژی بیشتر به شکل گرما یا سرما و در صنایع هیدرولیکی به شکل انتقال قدرت، صورت می‌گیرد. در جاهایی که منظور از انتقال انرژی، گرما یا سرما می‌باشد از یکای انرژی و در جاهایی که انتقال قدرت مدنظر باشد از یکای فشار استفاده می‌کنیم.

کار کلاسی



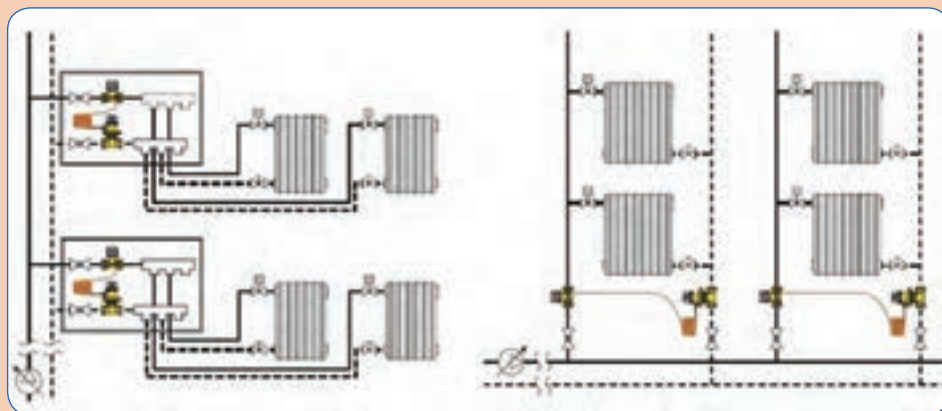
با توجه به قانون برنولی تصویر شماتیک زیر را تحلیل کنید. (از مقاومت مسیر در مقابل جریان صرف نظر شده است)



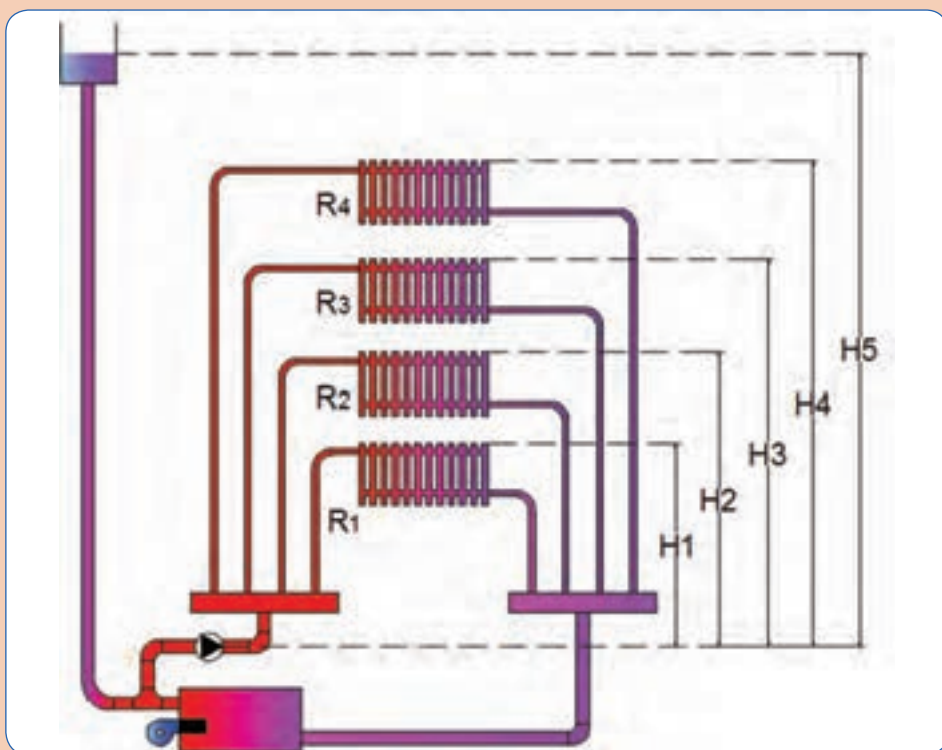
پژوهش کنید



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



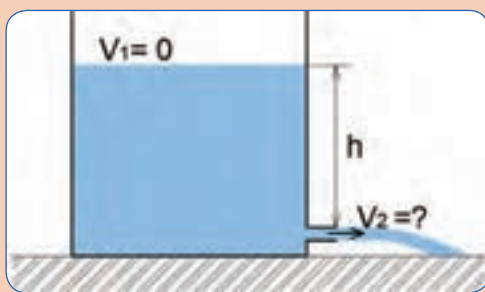
کار کلاسی



شکل ۴- تحلیل مؤلفه های معادله برنولی در سیستم گرمایش

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

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



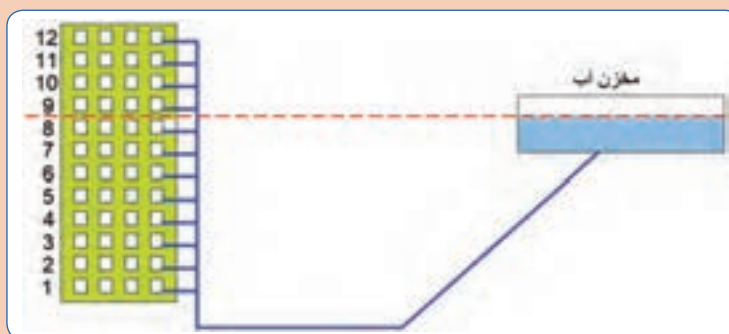
با استفاده از رابطه برنولی سرعت خروج آب را از مخزن به دست آورید. (چگالی آب ρ و شتاب جاذبه g)

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؟
- در کدام طبقات فشار خروجی آب مناسب است؟

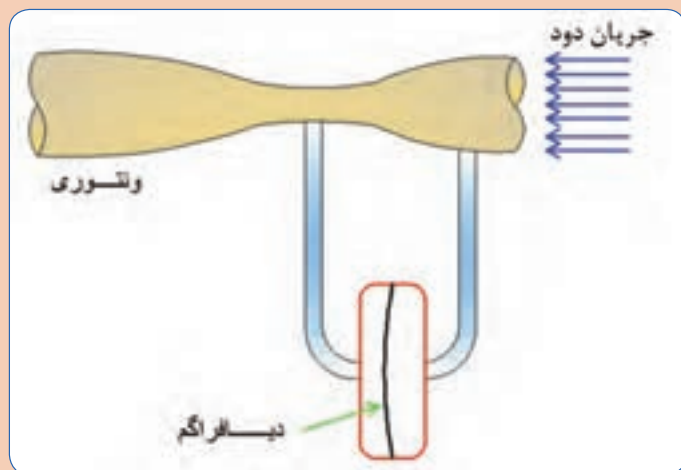


نکته: از دید فشار استاتیکی بررسی شود.

کار کلاسی

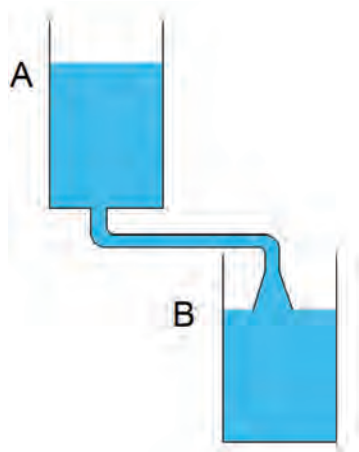


کاربرد ونتوری در پکیج شوفاژ دیواری را در کلاس به صورت عملی با دمیدن هوا مورد آزمایش قرار دهید.

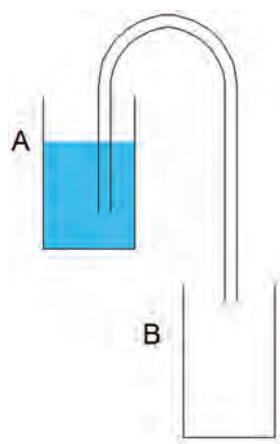


سیفوناژ

با مقایسه تصاویر بیان کنید، به چه دلیل سیال درون مخزن A در تصویر (ب) نمی تواند به مخزن B منتقل شود؟ آیا می توانیم شرایطی را ایجاد کنیم تا عمل تخلیه در تصویر (ب) خود به خود انجام شود؟



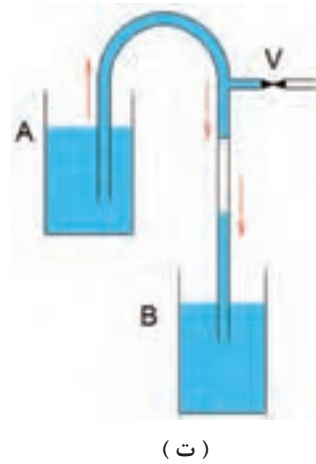
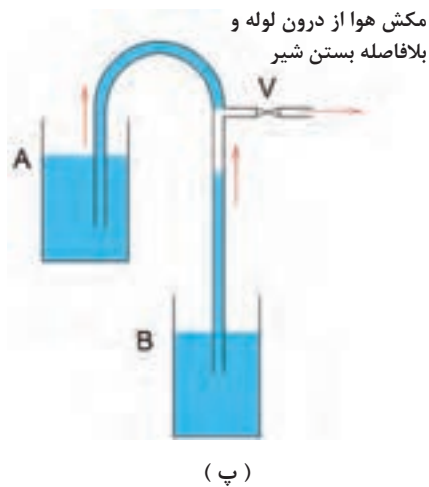
(الف)



(ب)

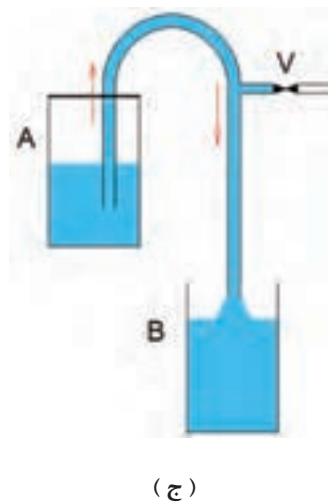
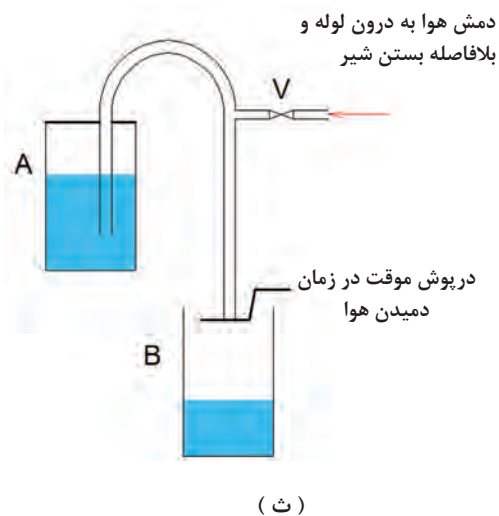


در تصویر (پ) هوای درون لوله را که به سیال هر دو مخزن ارتباط دارد مکش نموده و بلافاصله شیر را بسته‌ایم، در زمان مکش آب هر دو مخزن به سمت شیر مکش حرکت می‌نماید، اما پس از بسته شدن شیر، مطابق تصویر (ت) سیال درون لوله به صورت دائمی به سمت مخزن B جریان یافته است، با توجه به قوانینی که در مورد سیالات فرا گرفته‌اید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



در تصویر (ث) مقداری هوا به درون لوله دمیده و بلافاصله شیر را بسته‌ایم، در زمان دمش موقتاً خروجی به سمت 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.



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

سیفون^۱ مجرای به شکل U معکوس است که برای انتقال مایع از یک مخزن به سمت بالا و سپس به سمت پایین تا سطح گرانش پایین تر، زمانی که نیروی اولیه‌ای به سیال، اعمال شده باشد استفاده می‌شود، به عمل انجام شده سیفوناژ می‌گویند.

به زانویی شتر گلوی استفاده شده در زیر وسایل بهداشتی برای تخلیه فاضلاب، تله مایع (تراپ^۲) می‌گویند.



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

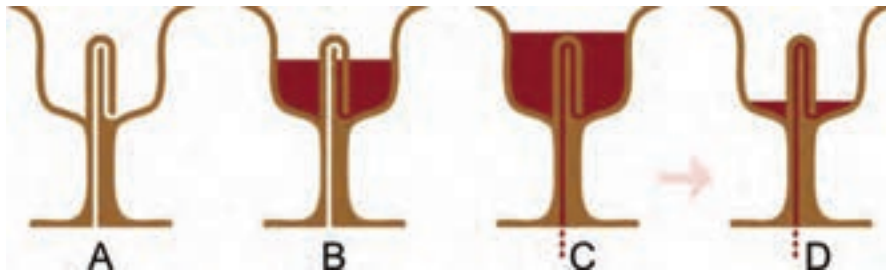


۱- Siphon

۲- trap

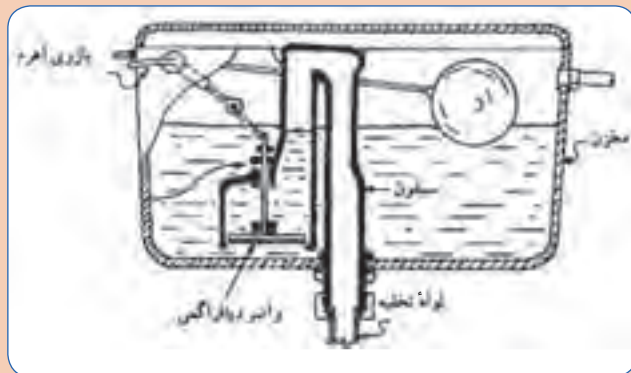
در مورد مکانیزم کاس العدل و نحوه عملکرد آن براساس خاصیت سیفون پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش کنید

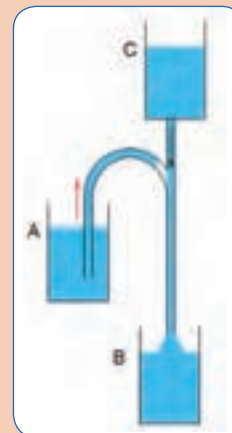


در مورد تصاویر زیر پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش کنید



مکانیزم عملکرد فلش تانک چگونه است؟



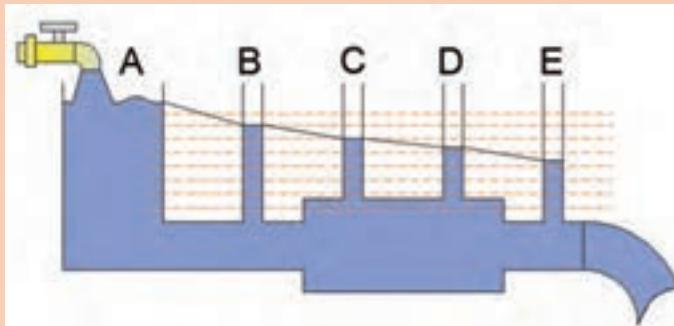
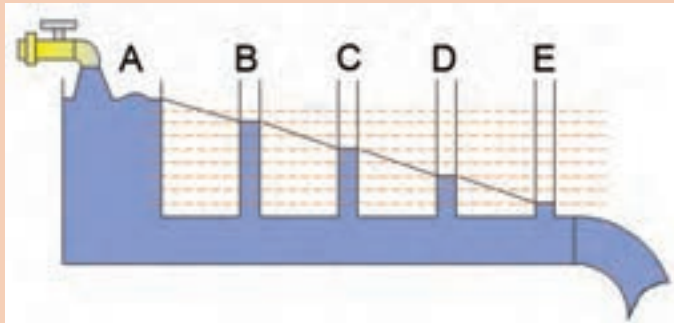
دلیل تخلیه مخزن A چیست؟

افت فشار

گفت‌وگوی
کلاسی



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



هنگامی که 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...

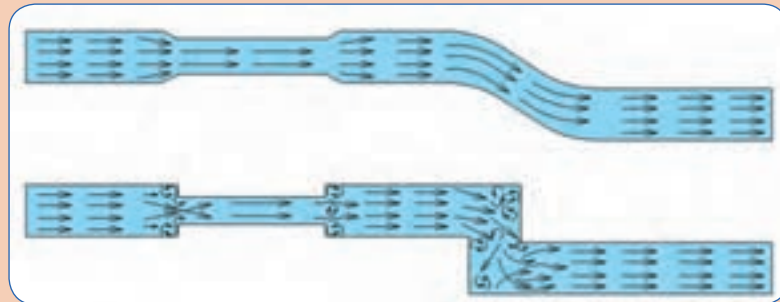
در مورد افت فشار موضعی و افت فشار طولی پژوهش کرده و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش کنید



جریان آرام^۱ و جریان آشفته^۲

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



گفت‌وگوی
کلاسی

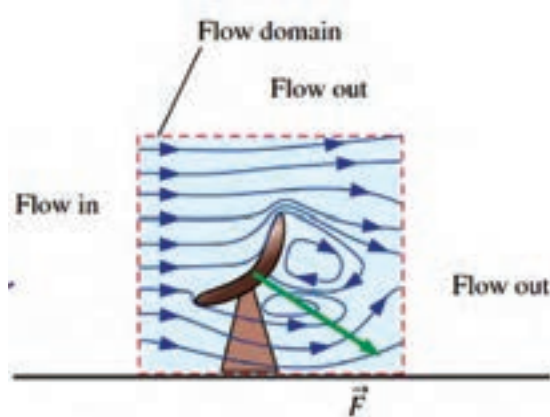


در شرایط ایده‌آل، ذرات یک مایع، در درون یک لوله، در مسیرهای مستقیم و موازی باهم حرکت می‌کنند، در چنین شرایطی گفته می‌شود که جریان سیال از نوع جریان آرام است، به جریان آرام جریان لایه‌ای هم می‌گویند.

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، به راحتی 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 - جریان آشفته

۱ - Laminar flow

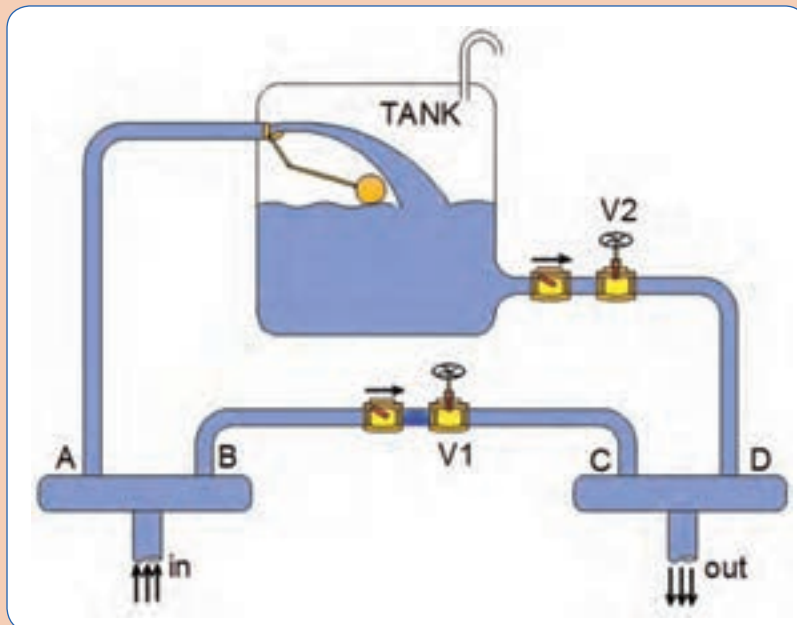
۲ - Tubulent flow

قانون پیوستگی : (بقای جرم)

کار کلاسی



تصویر زیر، بخشی از یک سیستم لوله کشی 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 V_2 بسته، شیر V_1 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 V_2 باز، شیر V_1 بسته است.)
- در هر ثانیه ۱۰ لیتر آب وارد حجم کنترل می‌شود و ۱۱ لیتر خارج می‌شود، تحلیل خود را بیان کنید. (شیر V_2 باز، شیر V_1 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 به حجم 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 اندازه‌گیری متریک لیتر بر ثانیه $\frac{\text{Lit}}{\text{s}}$ ، و در سیستم SI متر مکعب بر ثانیه $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ 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 جرمی خروجی است.

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

دبی جرمی

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

نکته

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



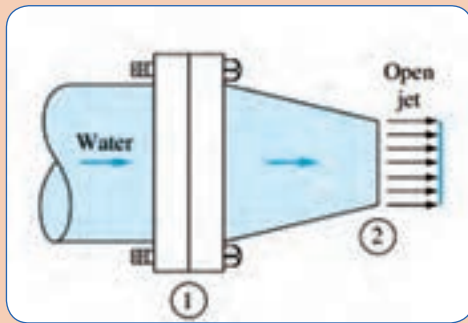
پژوهش کنید

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



ممنتوم^۱

گفت‌وگوی کلاسی



در نازل آتش نشانی داده شده :
 - آیا نیرویی به پیچ و مهره‌های فلنج وارد می‌شود؟
 - 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.

$$\text{ممنتوم} = m \cdot v$$

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.

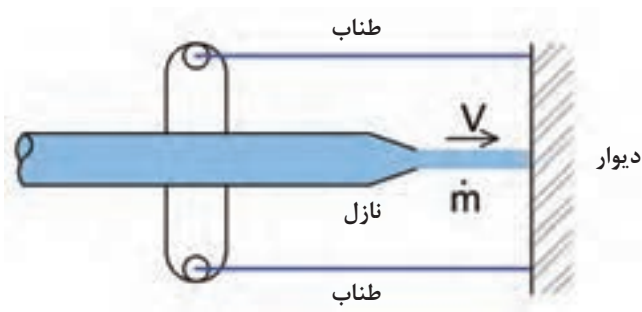
$$f = \dot{m}(v_2 - v_1) \text{ (نیرو نیوتن)}$$

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
$V_2 < V_1$				
$V_2 > V_1$				
$V_2 = 0$				
$V_2 > V_1$				



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

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

شکل ۶- ممنتوم

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

نکته



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



عامل چرخش آب پاش ستاره‌ای را در تصویر بیان کنید.

گفت‌وگوی کلاسی



ضربه قوچ: (چکش آبی^۱)

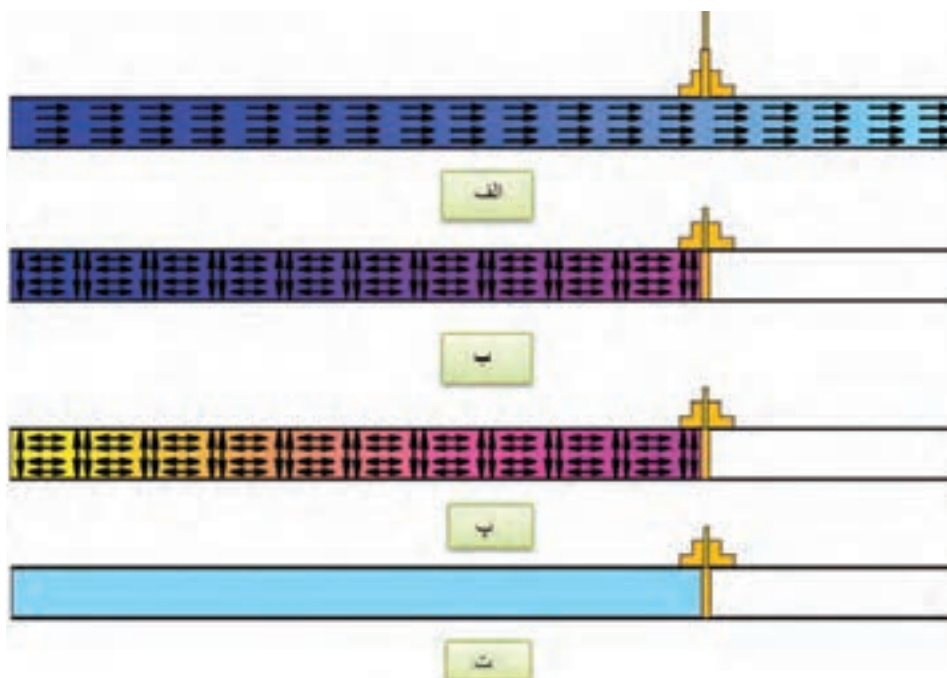
آیا می‌دانید دلیل آسیب دیدگی تجهیزات زیر چیست؟



گفت‌وگوی کلاسی

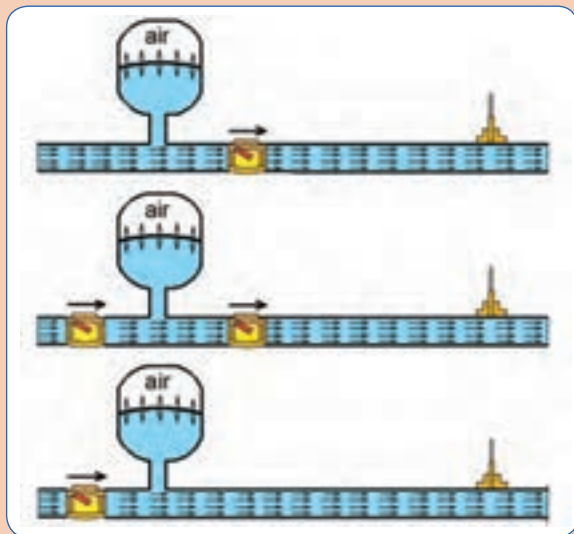


<ul style="list-style-type: none"> ■ جریان پرفشار آب در لوله برقرار است. ■ انرژی سیال شامل انرژی فشاری و انرژی جنبشی است. ■ طبق قانون ممنتوم، نیرویی متناسب با جرم سیال رو به جلو وجود دارد. 	الف
<ul style="list-style-type: none"> ■ شیرفلکه بسته می‌شود و نیروی حرکتی سیال، به ضربه تبدیل می‌شود. ■ مؤلفه 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. 	ب
<ul style="list-style-type: none"> ■ این برخوردها و عکس‌العمل‌ها 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. 	پ
<ul style="list-style-type: none"> ■ بعد از مستهلک شدن موج فشاری در چند رفت و برگشت، و انبساط و انقباض خط لوله، حالت سکون در سیال ایجاد می‌شود. 	ت



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.





۱- محل نصب شیر یک طرفه و منبع انبساط را در تصویر زیر تحلیل کنید، کدام یک برای دفع اثر ضربه قوچ کاربرد دارد؟
 ۲- از ضربه قوچ چه استفاده‌ای می‌توان کرد؟

گفت‌وگوی کلاسی

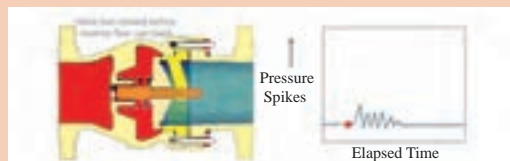
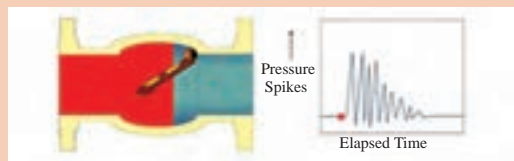


مکانیزم پمپ قوچ آبی چگونه است و ضربه قوچ در پمپ قوچ آبی، چه کاربردی دارد؟

پژوهش کنید



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



گفت‌وگوی کلاسی

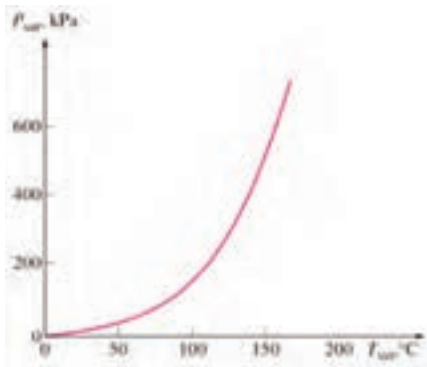


ارتباط دما با فشار

- 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؟

پرسش کلاسی





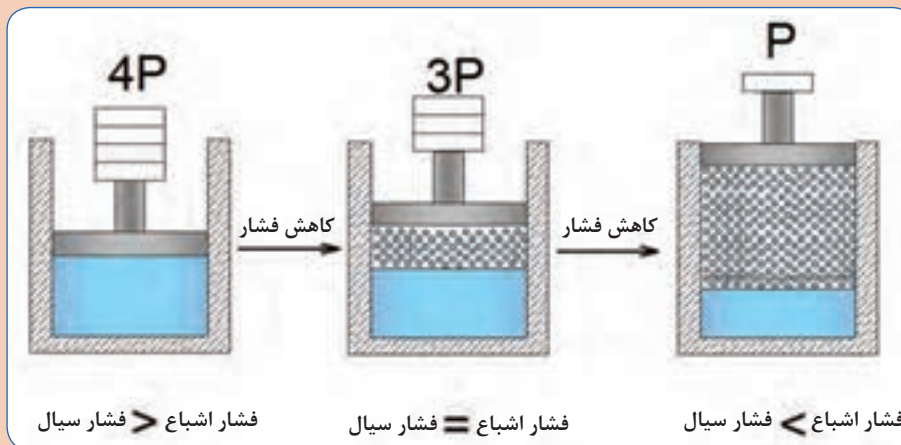
شکل ۷- نمودار فشار و دمای اشباع آب

جوشیدن آب در شرایط استاندارد، در کنار دریا، که فشار یک اتمسفر است، در دمای 100°C اتفاق می‌افتد، اما در شرایط دیگری که فشار کمتر از یک اتمسفر باشد، جوشیدن آب در دمایی کمتر از 100°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 به گاز تبدیل می‌شود.

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.

گفت‌وگوی کلاسی



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

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

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

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 به صورت آب بند ببندید.
- پمپ و کیوم را به ظرف متصل کنید و آن را روشن کنید. (دقت کنید آب وارد پمپ و کیوم نشود)
- بعد از اینکه فشار و کیوم به فشار اشباع متناظر با دمای محیط رسید، پمپ و کیوم 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 و کیوم کردن، جرم آب تغییر می‌کند؟
- چه نتیجه‌ای از این آزمایش دریافت می‌کنید؟

نکته



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

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

چنانچه ماده‌ای به صورت 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 به صورت 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 ۱- دمای جوش و فشار اشباع آب

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

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

کار کلاسی



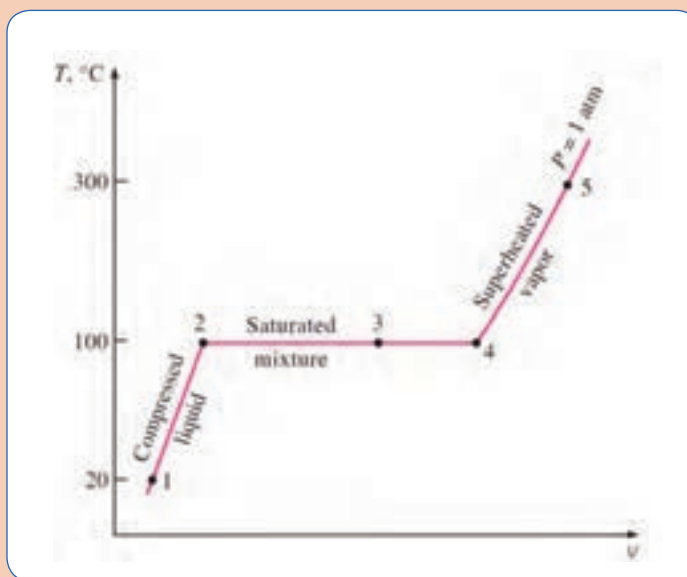
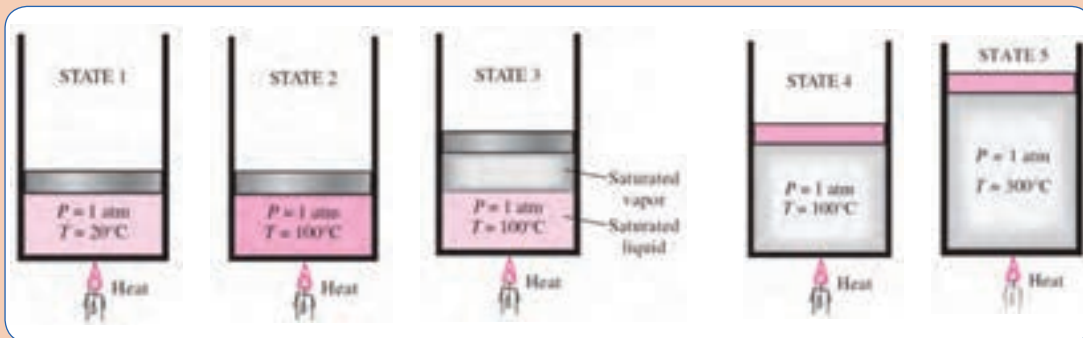


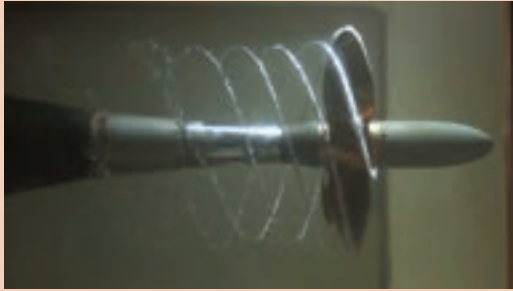
عبارت‌های با مفهوم یکسان را به هم وصل کنید

بخار اشباع	مایعی که در آستانه تبخیر ^۱ است.
مخلوط اشباع مایع - بخار	مایعی که در آستانه تبخیر نیست.
بخار فوق گرم	قسمتی از مایع اشباع تبخیر شده.
مایع متراکم (مادون سرد)	بخاری که در آستانه چگالش است.
مایع اشباع	بخاری که در آستانه چگالش نیست.



تصاویر زیر را تحلیل کنید:





دلیل ایجاد حباب‌های هوا در پروانه ملخی
قایق‌ها چیست؟



کاویتاسیون چیست و چگونه رخ می‌دهد؟

وقتی که فشار آب در یک مدار به مقداری کمتر از فشار بخار اشباع برسد ناپیوستگی در آب به صورت 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 به سطح جامد ضربه وارد کرده و باعث فرسایش و خوردگی می‌شود که به این فرایند حفره‌زایی و ترکیدن مداوم کاویتاسیون می‌گویند. فریود نخستین کسی بود که این پدیده را کشف کرده و نام حفره‌زایی (کاویتاسیون) را بر آن نهاد.



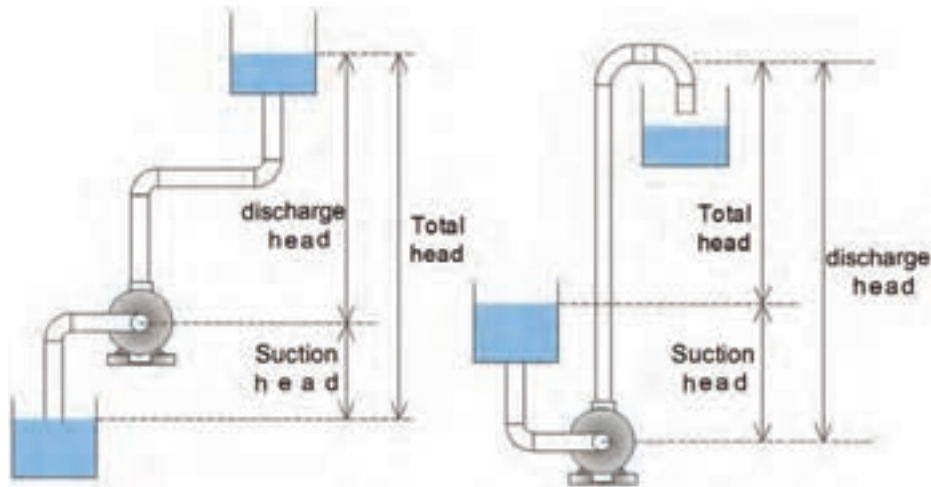
با توجه به توضیحات ذیل به پرسش‌ها پاسخ دهید.
 ■ منطقه (۱): سیال با انرژی (فشار) بسیار پایین وارد این بخش می‌شود. (حرکت سریع هواپیما روی آب را مجدداً تحلیل کنید).
 ■ منطقه (۲): انرژی سیال، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز با مؤلفه انرژی جنبشی (فشار دینامیکی) پدیدار می‌شود.



■ 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 اگر هد مکش (فشار مکش) به اندازه کافی نباشد، پدیده کاویتاسیون رخ خواهد داد.



شکل ۸ - هد مکش^۲ و هد دهش^۳ پمپ

- میزان هد (فشار) قابل دسترس و مفید در نازل مکش پمپ هد مکش نام دارد.
 - 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.
 - پمپ‌ها آب را در ورودی خود مکش نمی‌کنند بلکه آب دارای انرژی کافی (فشار کافی) را دریافت می‌کنند.
 - 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.

نکته



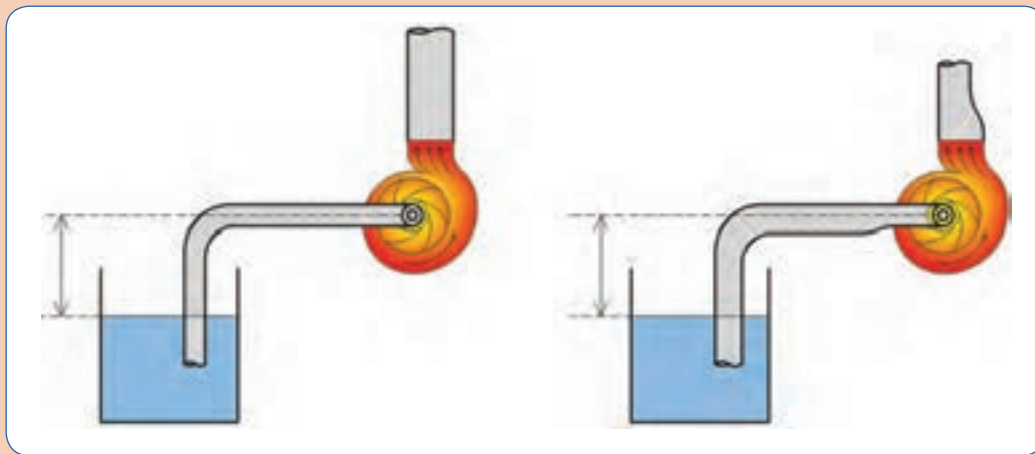
۱- Net Positive Suction Head

۲- Suction head

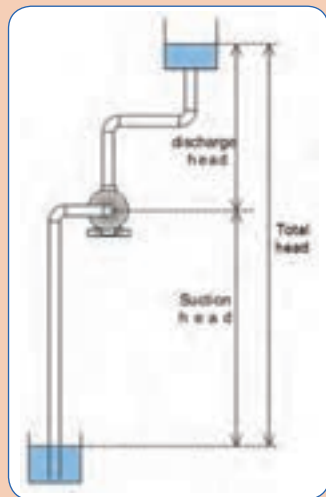
۳- Discharge head



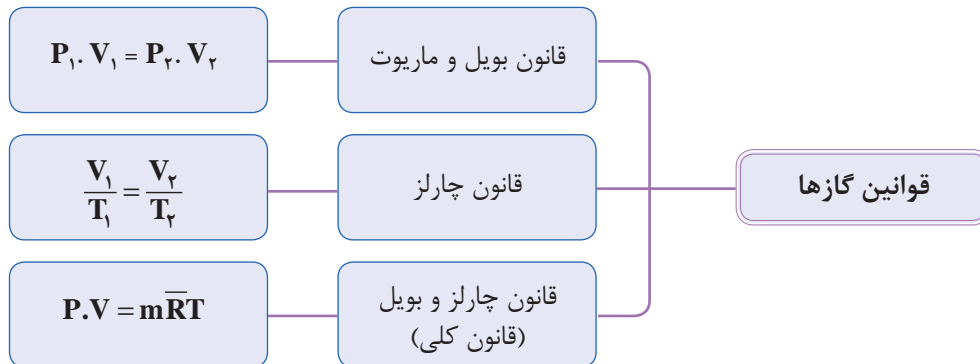
با توجه به تفاوت موجود در لوله مکش و دهش پمپ در تصاویر زیر، در مورد پدیده کاویتاسیون پژوهش کنید و تحلیل خود را در کلاس بیان کنید.



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

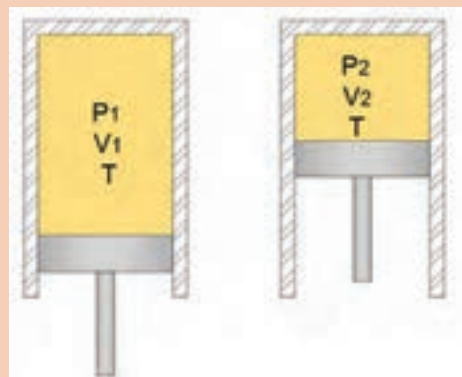


قوانین گازها^۱



اگر دما ثابت باشد، حاصلضرب فشار در حجم گاز مقداری ثابت خواهد بود.			قانون بویل
$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	V : حجم (m ^۳)	P : فشار مطلق (پاسکال)	
اگر فشار ثابت باشد با افزایش دما حجم گاز افزایش خواهد یافت.			قانون چارلز
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	V : حجم (m ^۳)	T : دمای مطلق (کلوین)	

- 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؟



گفت‌وگوی کلاسی



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

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

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

گفت و گوی
کلاسی

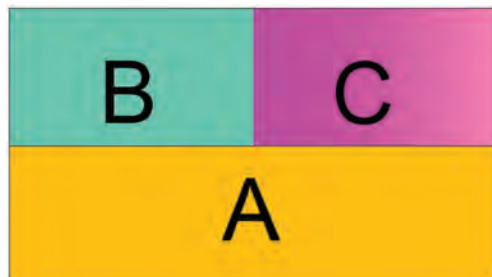
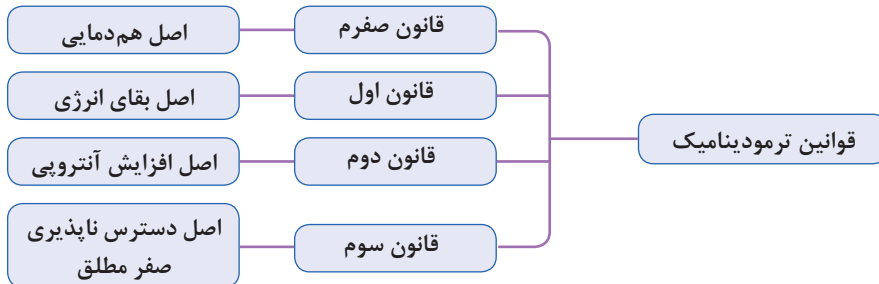


- اگر دمای هوای یک اتاق افزایش یابد، فشار هوای اتاق چند پاسکال تغییر خواهد کرد؟
- در صورت افزایش دمای هوا، عبور هوا از منافذ به داخل خواهد بود یا به خارج از اتاق؟
- آیا توجیهی برای پایین بودن دمای هوا در ساختمان هایی که در ارتفاعات قرار دارند وجود دارد؟

کار کلاسی



قوانین ترمودینامیک^۱



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 می گیریم 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 گرمایی خواهند بود.



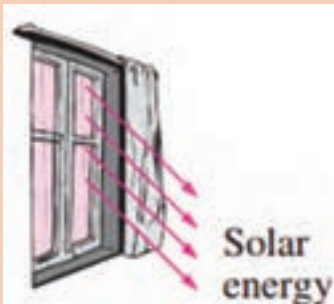
- آیا می‌توانید مثالی بیاورید که قانون صفرم ترمودینامیک را نقض کند؟
- شرط تعادل گرمایی بین دو جسم چیست؟
- کاربرد دماسنج را با قانون صفرم ترمودینامیک تحلیل کنید.



تعدادی قالب یخ $^{\circ}\text{C}$ به وزن 100 گرم را درون لیوان آب انداخته‌ایم، مقدار گرمایی که از آب به قالب‌های یخ انتقال می‌آید تا تمام یخ به $^{\circ}\text{C}$ تبدیل شود چند ژول است؟



- 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
$Q = mc(T_2 - T_1)$	$W = F \cdot d$	$P = \frac{F}{A}$	$P_E = mgh$	$K_E = \frac{1}{2}mv^2$
m : جرم	T : دما	c : گرمای ویژه شتاب جاذبه	h : ارتفاع v : سرعت	g : شتاب
F : نیرو	A : مساحت	d : مسافت طی شده در اثر نیرو		

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

گفت‌وگوی کلاسی



نکته



- به مجموع انرژی‌های شیمیایی، هسته‌ای، پتانسیل مولکول‌ها و جنبش مولکول‌های یک سیستم، انرژی درونی U گفته می‌شود.
- انرژی درونی در طول فرایندها از گرما 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 گونه‌ای دیگر تبدیل می‌شود.

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

گفت‌وگوی کلاسی





۱۰۰ گرمه مجموعه سیلندر و پیستون حاوی گاز با ویژگی‌های اولیه در حالت یک داده شده است، طی این فرایند پیستون به اندازه $h_2 - h_1$ به سمت بالا حرکت کرده و به حالت 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؟

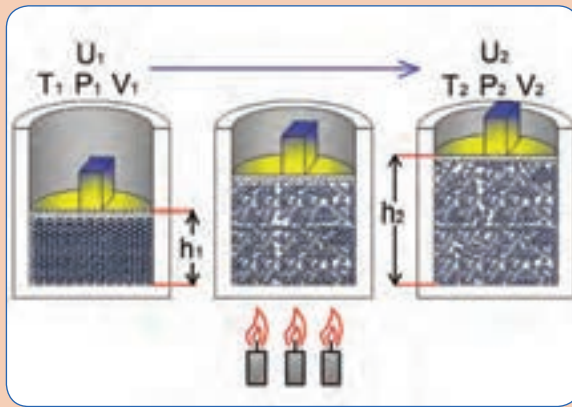
■ آرایش مولکولی گاز در کدام حالت نظم بیشتری دارد؟

■ در حالت اول سیستم گرما یا کار دارد؟

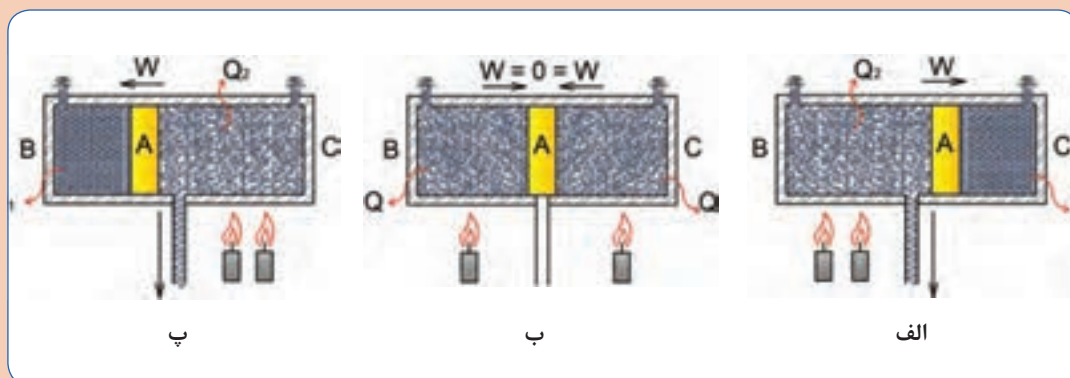
■ در حالت دوم سیستم گرما یا کار دارد؟

■ در کدام حالت سطح انرژی سیستم افزایش داشته است؟

■ اگر کار انجام شده در طول فرایند ۸۰۰ ج باشد، انرژی سیستم چه مقدار تغییر داشته است؟



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



■ تعادل گرمایی در کدام وضعیت برقرار است؟

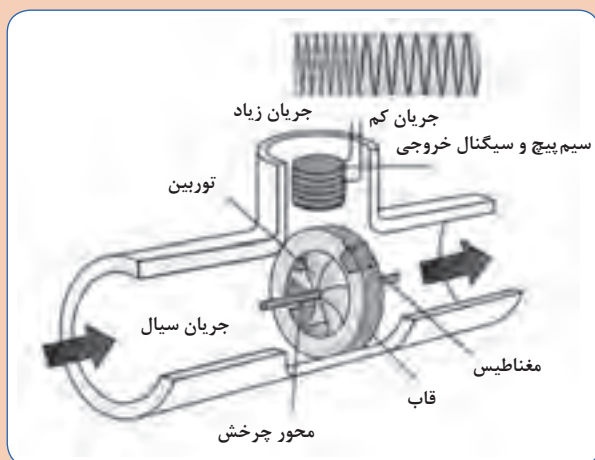
■ انرژی به وجود نیامده و از بین هم نرفته است، چگونه از شکلی به شکل دیگر تبدیل شده است؟

■ بیشترین احتمال عمل کردن سوپاپ اطمینان در کدام وضعیت وجود دارد؟

■ تفاوت Q_1 و Q_2 در چیست؟

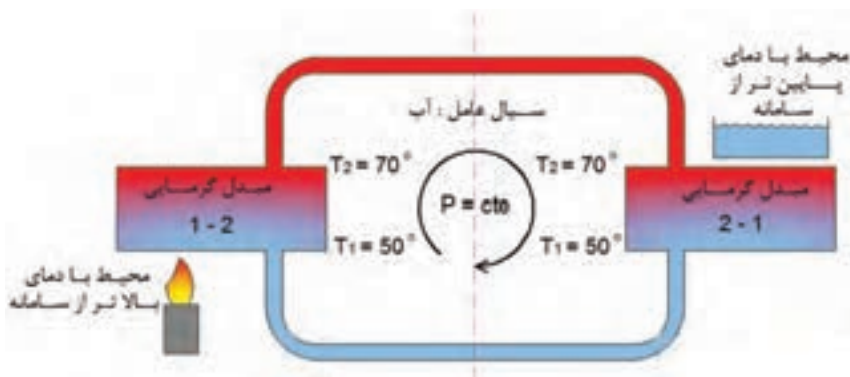


در مورد نحوه عملکرد توربین در فلومتر پکیج شوفاژ دیواری پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



چرخه ترمودینامیکی

در تصویر زیر طی فرایند ۱-۲ انرژی گرمایی از محیط با دمای بالاتر به سیستم داده شده است و دمای آب از 50°C به 70°C رسیده است و پس از انتقال آب با حالت ترمودینامیکی جدید به مبدل گرمایی دیگر، طی فرایند ۲-۱ انرژی گرمایی از سیستم به محیط با دمای پایین تر داده شده و سیستم به حالت ترمودینامیکی اولیه رسیده است، البته می توان با قرار دادن یک پمپ در مدار و انجام کار بر روی سیستم سرعت چرخه را افزایش داد.

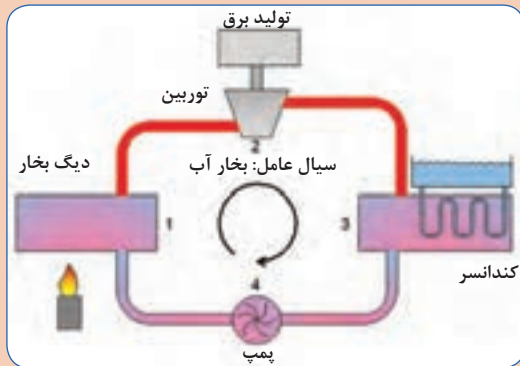


شکل ۹- چرخه ترمودینامیکی مدار گرمایشی

هنگامی که یک سیستم از حالت اولیه، چندین فرایند متفاوت را طی کند و در نهایت به حالت اولیه خود بازگردد، یک چرخه (سیکل) را طی کرده است، بنابراین در پایان یک چرخه، تمام ویژگی های سیستم و متغیرهای حالت، همان مقادیری را خواهند داشت که در اول داشته اند.



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



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

- ۱- به نظر شما هدف از اجرای این چرخه چیست؟
- ۲- برای کدام بخش از چرخه باید هزینه داد؟
- ۳- 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.



- به چه دلیل برای اینکه به ویژگی‌های حالت اول برسیم باید از چرخه استفاده کنیم؟
- 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 الزاماً بازگشت پذیر نیستند

کیفیت انرژی، پتانسیل انرژی برای تولید کار مفید است.

عوامل بازگشت ناپذیری در فرایندها

- ۱- اصطکاک و افت‌های مسیر
- ۲- اصل انتقال گرما از جسم به دمای بالاتر به جسم با دمای پایین تر



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

انرژی

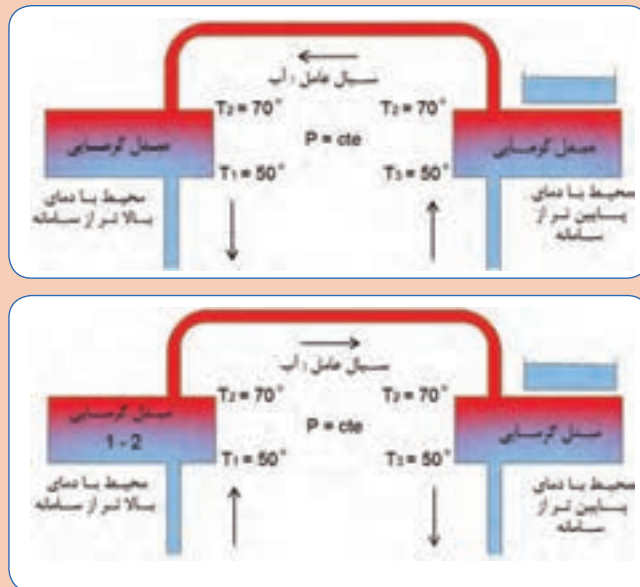
انرژی (انرژی در دسترس) ماکزیمم کار مفیدی است که از یک جریان ماده و یا انرژی قابل حصول است، البته کار مفید در صورتی ماکزیمم خواهد شد که فرایند بازگشت پذیر باشد. به طور کلی در صنعت، انرژی به شکل کار مطلوب تر از گرما است، بنابراین اگر خروجی یک سیستم کار باشد مطلوب و اگر سیستم کار مصرف کند نامطلوب و البته 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 می توان انتخاب بهتری داشت.

بازده موتور گرمایی

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

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

آیا می توان انرژی گرمایی را از محیط با دمای پایین تر دریافت و به محیط با دمای بالاتر از سامانه داد؟



گفت و گوی
کلاسی



نکته

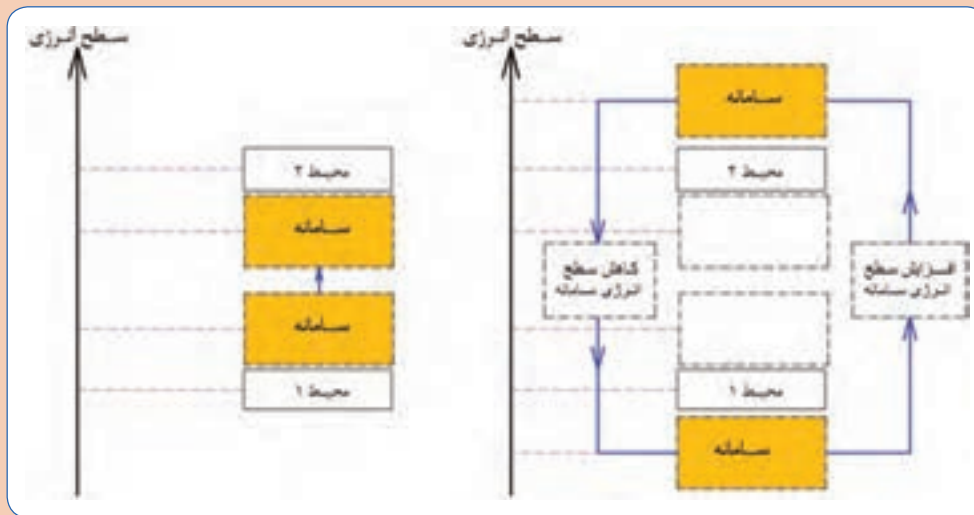


آنچه بیان گر و ارزیابی کننده کاهش کیفیت انرژی است، آنتروپی نام دارد که از ویژگی های یک سامانه است.

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.

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.



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

- آیا می‌توانیم از آب به عنوان 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.

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



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



اوپراتور

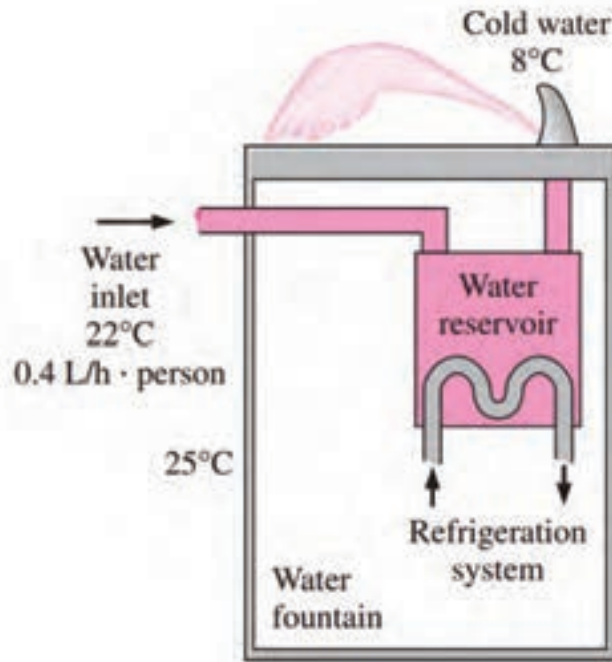
مبدلی که در سیستم‌های سردکننده جهت تبخیر ماده مبرد در قسمت فشار پایین و جذب گرمای موجود در محیط استفاده می‌شود اوپراتور نام دارد.

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.



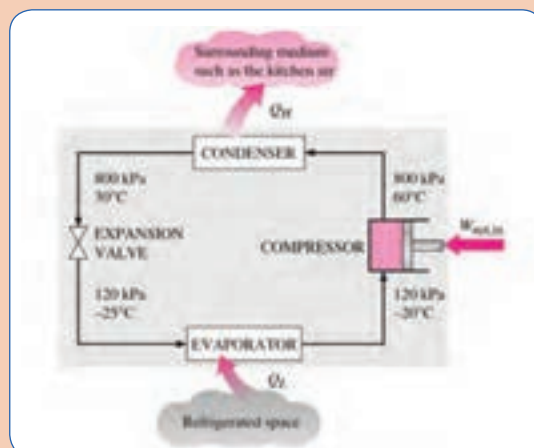
در مورد انواع کندانسور و انواع اواپراتور پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.



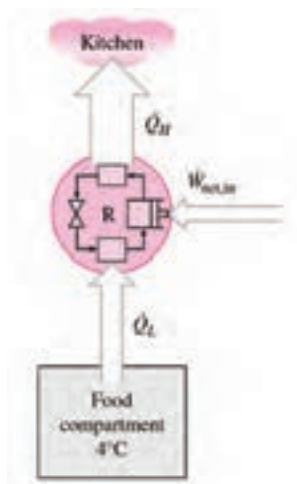
شکل ۱۰ - جذب گرمای آب در آب سرد کن



- 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؟



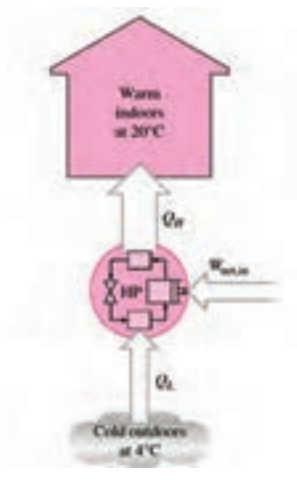
بر خلاف چرخه موتور گرمایی که انرژی قابل فروش کار خروجی، در چرخه برودت، میزان گرمایی را که از محیط با سطح انرژی پایین (با دمای T_L) گرفته می‌شود دارای اهمیت است، لذا به جای واژه راندمان از ضریب عملکرد (کارایی سیستم) استفاده می‌شود. همانطور که در تصاویر زیر مشاهده شد برای عملی شدن چرخه تبرید نیاز به کار ورودی وجود دارد، بنابراین هرچه بتوان با اعمال کار کمتر به سرمایش بیشتری دست یابیم کارایی سیستم بالاتر خواهد بود. ضریب عملکرد^۱ (کارایی سیستم‌های برودتی)



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

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

ضریب عملکرد (کارایی سیستم پمپ گرمایی)



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

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

۱ - Coefficient of performance (COP)



پمپ گرمایی با یخچال چه فرقی دارد؟

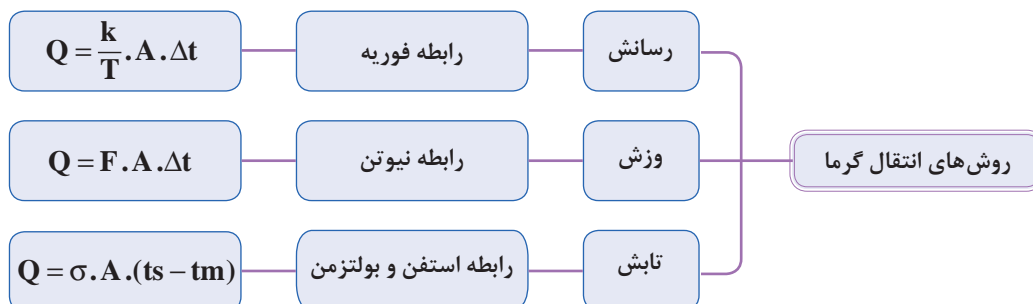
قانون سوم ترمودینامیک

- هیچ وقت نمی‌توانیم به صفر مطلق برسیم بلکه می‌توانیم به آن نزدیک شویم.
- هنگامی که انرژی یک سیستم به سمت 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.



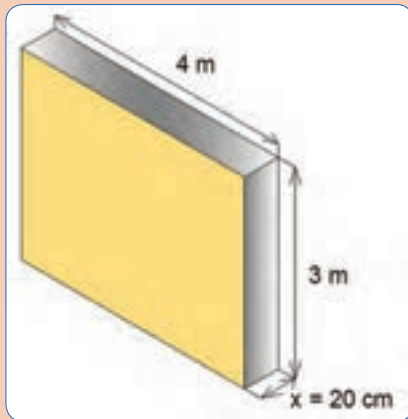
درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.

درست	نادرست	
		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 رخ می‌دهد.
		طبق قانون دوم ترمودینامیک انتقال گرما همیشه از دمای بالاتر به دمای پایین تر اتفاق می‌افتد.



$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

ثابت تابش



در تصویر مقابل اگر اختلاف دمای دو طرف دیواره 40°C باشد، میزان گرمای انتقال یافته را محاسبه کنید.

$$K = 0.5 \frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

در تصویر مقابل اگر دمای سطح دیواره 8°C و میانگین دمای هوا 10°C باشد، میزان گرمای انتقال یافته از سطح

$$F = 8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{C}}$$

کار کلاسی



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

کار کلاسی



در مورد نرم افزارها و دوربین های گرمایی و کاربردی که در صنعت تأسیسات دارند پژوهش کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

پژوهش کنید



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

پژوهش کنید





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:

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

طراحان و مهندسين 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 تبادل گرما در صرفه جویی منابع انرژی و نیز دستیابی به شرایط پیش‌بینی شده توسط طراح و محاسب بسیار مؤثر خواهد بود.

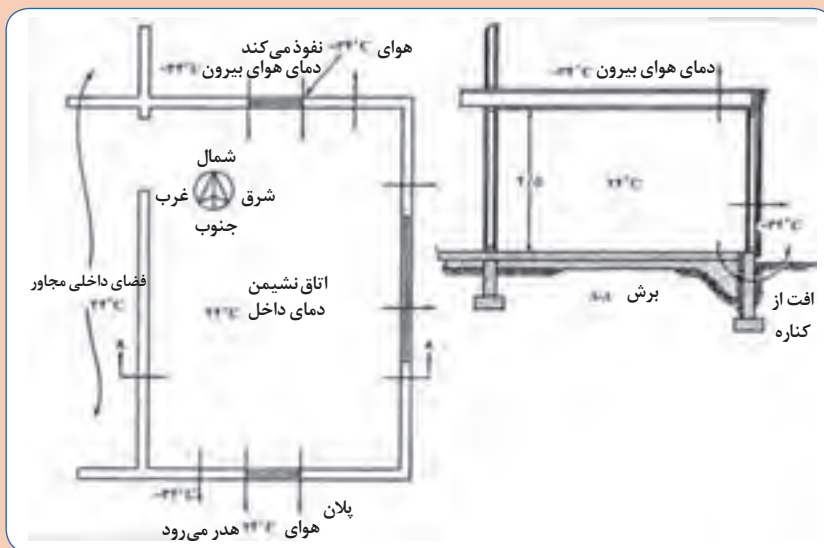


تأثیر عوامل زیر در اتلاف گرمایی از طریق یک دیوار را بیان کنید؟ می‌توانید از رابطه فوریه استفاده کنید.

	جنس مصالح
	سطح
	ضخامت
	اختلاف دما



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			

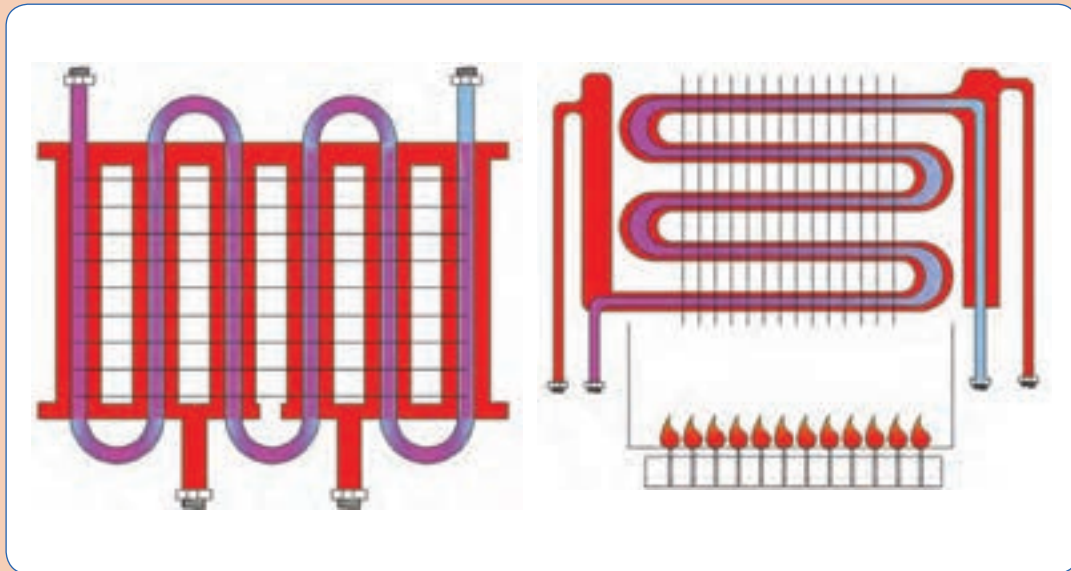
تأثیر عوامل زیر در تبادل گرمایی رادیاتور با هوای اتاق را بیان کنید؟ می‌توانید از رابطه نیوتن استفاده کنید.



کیفیت سطح	
سطح	
اختلاف دما	



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

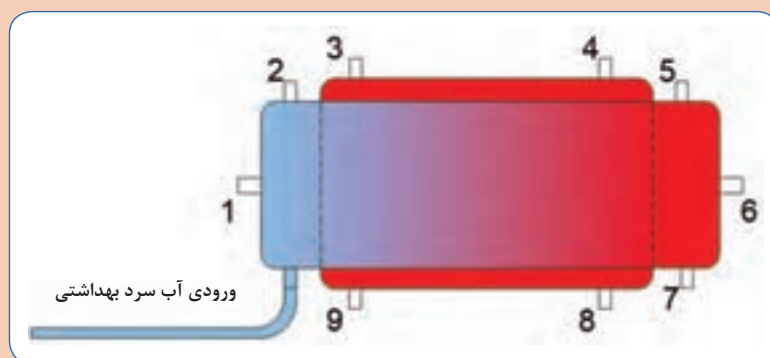


- پرهایی که بر روی مبدل نصب شده‌اند چه کاربردی دارند؟
- در کدام تصویر تبادل گرمایی بهتر صورت می‌گیرد؟
- آیا می‌توان گفت مقدار گرمایی که آب گرم مصرفی دریافت می‌کند برابر گرمایی است که آب سیستم گرمایش از دست می‌دهد؟
- آب سیستم گرمایشی از یک طرف با شعله مستقیم و از طرف دیگر با آب گرم مصرفی تبادل گرمایی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

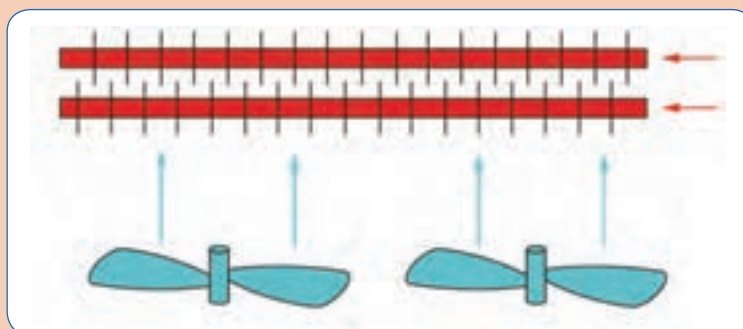


با توجه به تصویر داده شده، در مورد بهترین محل اتصال لوله‌های مخزن دو جداره، پژوهش کرده و نتیجه را در کلاس مورد بحث قرار دهید.

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



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



شکل ۱۱- جریان متقاطع در مبدل‌های گرمایی

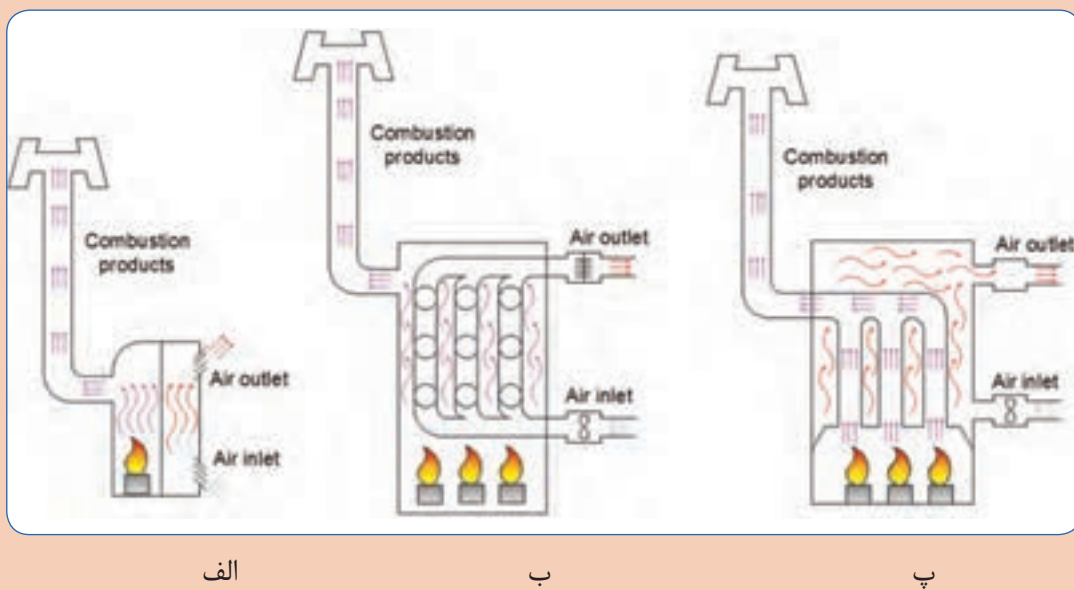
- برای انتقال گرما از چه روشی استفاده شده است؟
- تأثیر تغییر مؤلفه‌های زیر در انتقال گرما چگونه است؟
 - الف) سرعت وزش هوا
 - ب) سرعت سیال در کویل
 - پ) تعداد فین روی کویل‌ها
 - ت) تعداد کویل در دستگاه

کوره‌ها

در صورت استفاده از هوای گرم برای گرمایش فضاها از دستگاهی به نام 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.

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

کار کلاسی



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.)

پژوهش کنید



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. در صورتی شما می‌توانید سؤالات بخش دوم (در حد قابل قبول) را پاسخ دهید که به ۸ سؤال از ۱۰ سؤال بخش اول پاسخ صحیح داده باشید. و در صورتی می‌توانید 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 پایین‌تر 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 می‌باشد 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 کندانسور 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 می‌کند.

۱- تحلیل خود را در مورد پدیده‌های زیر در قالب یک جمله با یک مثال بیان کنید:

الف) سیفون

ب) ضربه قوچ

پ) کاویتاسیون

۲- اگر به آب درون یک مدار بسته مجهز به سوپاپ اطمینان (۲bar) گرما دهیم، در دمای 121°C شروع به جوشیدن می‌کند.

الف) چه تحلیلی برای این اتفاق دارید؟

ب) آب در چه دمایی به حالت اشباع در می‌آید؟

۳- مفهوم عبارات زیر را بیان کنید:

الف) بخار فوق گرم

ب) بخار اشباع

پ) مایع متراکم

ت) اگزرژی

ث) بازگشت ناپذیری

ج) تبدیل انرژی

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

۵- 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؟

۶- 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.

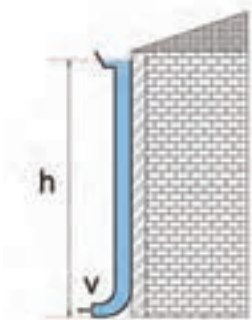
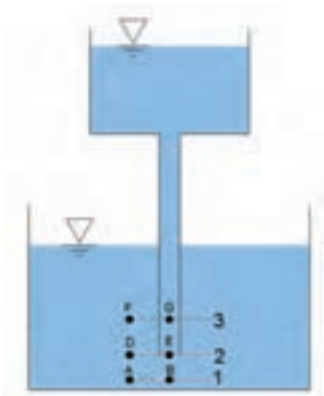
ب) فشار استاتیک در ارتفاع ۱ متری از کف چند پاسکال است؟

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

۷- نتایج یکی از پژوهش‌های انجام شده در این پودمان را به انتخاب خود،

برای هنرآموز محترم تحلیل و شرح دهید.



بخش سوم:

- بعد از کسب شایستگی در بخش‌های قبلی از سه پرسش زیر به دو پرسش پاسخ دهید.
- ۱- دو اقدام عملی برای جلوگیری از ایجاد ضربه قوچ در یک مدار آبی تحت فشار بیان کنید.
 - ۲- سه اقدام عملی برای اینکه در یک پمپ کاویتاسیون اتفاق نیفتد را بیان کنید.
 - ۳- نتایج یکی از پژوهش‌های 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 استانداردهای عملکرد جداول ذیل برای هر هنرجو ثبت می‌گردد. امکان جبران پودمان‌های در طول سال تحصیلی برای هنرجویان و بر اساس برنامه‌ریزی هنرستان وجود دارد.

الگوی ارزشیابی پودمان تحلیل و بررسی پدیده‌های حرارت و سیالات

نمره	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نتایج	استاندارد عملکرد	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)
۳	- تحلیل و به‌کارگیری مفاهیم گرانشی، ضربه قوچ، تراکم‌پذیری، قانون برنولی، جریان آرام و آشفته، قانون پیوستگی، قانون بقای انرژی و اصل دوم ترمودینامیک در تأسیسات، تبدیل انرژی - تحلیل عوامل مؤثر بر کاویتاسیون - افت فشار- قوانین گازها، راندمان، روش‌های انتقال گرما، چرخه‌های ترمودینامیکی	بالاتر از حد انتظار	به‌کارگیری مفاهیم مکانیک سیالات و ترمودینامیک در سیستم‌های تأسیسات مکانیکی ساختمان	تحلیل و بررسی پدیده‌های حرارت و سیالات
۲	- به‌کارگیری مفاهیم گرانشی، تراکم‌پذیری، قانون برنولی، جریان آرام و آشفته، قانون پیوستگی، قانون بقای انرژی و اصل دوم ترمودینامیک در تأسیسات - به‌کارگیری چرخه‌های ترمودینامیکی	در حد انتظار (کسب شایستگی)		
۱	بیان مفاهیم ضربه قوچ - افت فشار - کاویتاسیون قوانین ترمودینامیک - قوانین گازها - انتقال گرما و مبادله انرژی	پایین‌تر از حد انتظار (عدم احراز شایستگی)		
				نمره مستمر از ۵
				نمره شایستگی پودمان از ۳
				نمره پودمان از ۲۰