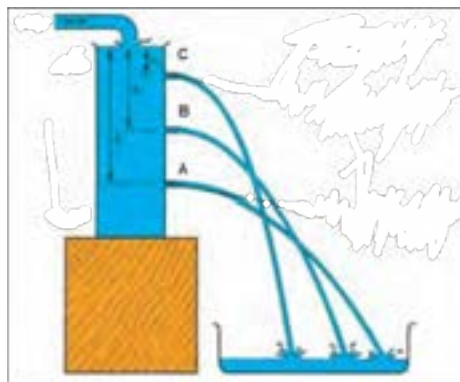


کار کلاسی



- به شکل زیر توجه کنید و به سؤالات پاسخ دهید.
- ۱- به نظر شما در تصویر زیر فشار در کدام یک از نقاط A, B, C بیشتر است؟ چرا؟
 - ۲- به نظر شما اگر از مایع چگال تر استفاده می شد در مایع خروجی از سوراخ ها چه تفاوتی مشاهده می شد؟



مثال: مخزنی به ظرفیت ۲۰۰۰ لیتر در پشت بام یک ساختمان به ارتفاع ۱۲ متر نصب شده است. اگر ارتفاع

نقطه خروج آب از مخزن با اولین وسیله در طبقه اول ۱۱ متر باشد فشار پشت شیر چند کیلو پاسکال است؟

$$V=2000 \text{ Lit}$$

$$P=?$$

$$H=12\text{m}$$

$$P=1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P=Pgh$$

$$h=11\text{m}$$

$$P=1000 \times 10 \times 11 = 110000 \text{ N/m}^2 \text{ یا } Pa=110 \text{ KPa}$$

فکر کنید



باتوجه به فشار در مایعات، تصویر زیر به چه چیز اشاره می کند؟





ارتفاع سطح آب درون مخزن تصویر زیر نسبت به شیر آب ۱۰ متر است. فشار ناشی از آب در پشت شیر چند

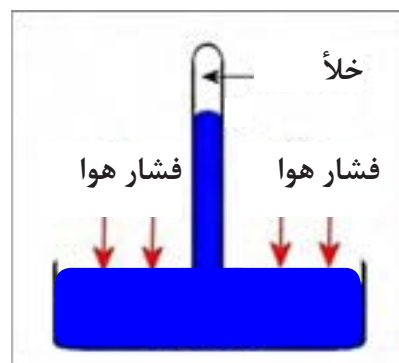
پاسکال است؟ ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)



انواع فشار

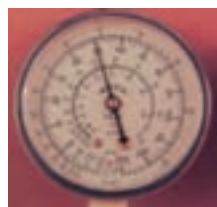
فشار اتمسفر

چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اتمسفر نام دارد. فشار حاصل از جو در سطح دریا 101325 N/m^2 یا پاسکال (Pa) است. این همان مقدار فشار جو در سطح دریا است که گاهی فشار یک اتمسفر نیز گفته می‌شود. فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد.



فشار نسبی: فشار نسبی یا فشار مانومتری فشاری است که فشارسنج نشان می‌دهد. فشارسنج‌ها فقط اختلاف فشار میان فشار واقعی سیال و فشار جو را اندازه می‌گیرند و طوری درجه‌بندی شده‌اند که در فشار جو، صفر را نشان می‌دهند بدین لحاظ خواندن فشار راحت‌تر می‌شود.

برای اندازه‌گیری فشار نسبی از مانومتر یا فشارسنج بوردون استفاده می‌شود.



فشارسنج بوردون

از آنجا که فشار در نقطه‌های هم‌تراز از یک مایع با یکدیگر برابر است، بنابراین فشار دو نقطه A و B یکسان است. چون فشار در نقطه A برابر فشار هواست، نتیجه می‌شود که فشار در نقطه B نیز برابر فشار هواست، یعنی:

$$P_A = P_B = P_{\text{atm}}$$

که در آن P_{atm} نشان‌دهنده فشار هواست. از سوی دیگر فشار در نقطه B برابر است با فشار ستون جیوه‌ای که در بالای آن قرار دارد. در نتیجه داریم:

$$P = \rho gh$$

فشار مطلق: فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموعه فشار نسبی و فشار اتمسفر محلی است. فشار نسبی + فشار اتمسفر = فشار مطلق

$$P_A = P_{atm} + P_g$$

در صورتی که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با علامت منفی نشان می‌دهند.

کار کلاسی



در صورتی که فشار محلی ۱۴/۷ psi باشد و فشار سنج عدد ۱۵ psi را نشان دهد فشار مطلق را حساب نمایید.

مثال: ۱۴۷ psi چند atm است؟

ابتدا از جدول صفحه بعد روی ستون عمودی یکا فشار psi را انتخاب می‌کنیم سپس روی ردیف افقی حرکت نموده تا به یکای فشار atm برسیم. آنگاه تبدیل فشار psi به atm را به دست می‌آوریم. هر psi برابر ۰/۰۶۸۰۴۵ اتمسفر است. پس خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} 1 \text{ psi} &= 0.068045 \text{ atm} \\ 147 \text{ psi} &= ? \text{ atm} \\ \frac{147 \text{ psi} \times 0.068045}{1 \text{ psi}} &= 10 \text{ atm} \end{aligned}$$



کار کلاسی

تقریباً به ازای هر ۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا فشار هوا ۸/۴ mm.Hg کاهش می‌یابد. در ارتفاع ۱۵۰۰ متری فشار هوا چند بار است؟



کار کلاسی

۲۵bar	.....kpa	۱۵psi	.....in.Hg
۷۶۰۰mmHg	.....Pa	۱۵m _{WC}	.....bar



بحث کلاسی

هریک از تصاویر زیر چه تأثیری در تغییر دمای محیط دارد؟



یکاهای فشار: در سیستم بین‌المللی یکاها (SI) یکا فشار «پاسکال» (Pa) یا «نیوتن بر متر مربع» است. در سیستم انگلیسی یکا فشار «پوند بر اینچ مربع» است که به صورت «PSI» یا «Lb/in^۲» و یا «Lb/sq in» نشان داده می‌شود.

در سیستم «متریک» یکای فشار «کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع» است که آن را به صورت « $\frac{kg_f}{cm^2}$ » یا « $\frac{kp}{cm^2}$ » نشان می‌دهند.

یکی دیگر از یکاهای اندازه‌گیری فشار، «بار» است که معادل (۱۰^۵) پاسکال است و به صورت «bar» و یک هزارم آن میلی‌بار است که به صورت m.bar نشان داده می‌شود.

البته فشار را بر حسب ارتفاع ستون مایعات نیز اندازه‌گیری می‌کنند که از آن جمله می‌توان به موارد ذکر شده در زیر اشاره نمود:

- ۱- «فوت آب» (Ft.Wc)؛
- ۲- «اینچ آب» (in.Wc)؛
- ۳- «اینچ جیوه» (in.Hg)؛
- ۴- «متر آب» (m.H_۲O) یا (m.Wc)؛
- ۵- «سانتی‌متر جیوه» (cm.Hg).

تبدیل یکاهای فشار: گاهی لازم است یکای فشار از یک سیستم اندازه‌گیری به یکای سیستم اندازه‌گیری دیگری تبدیل گردد. در چنین مواردی از جدول‌هایی که به همین منظور تهیه شده است استفاده می‌شود. در جدول صفحه بعد که به وسیله «ASHRAE» تهیه شده، تبدیل یکاهای فشار نشان داده شده است.

جدول تبدیل فشار در یکاهای SI و IP

از ↓ به →	atm	bar	psi (lb _f /in ²)	torr	inHg at 0 °C	Pa (N/m ²)	kg _f /cm ²	dyn/cm ² micro bar	mWc (mH ₂ O) at 4 °C
	1	1.0132501	14.695950254	760.000066005	29.9212583001	101325.01	1.0332275548	1013250.1	10.3349213567
bar	0.986923169	1	14.5037738	750.0616738	29.52998307	100000	1.019716213	1000000	10.19977334
psi	0.068045957	0.068947573	1	51.71493187	2.036020658	6894.757282	0.070306958	68947.57282	0.703249615
torr	0.001315789	0.001333224	0.019336775	1	0.039370073	133.32237	0.00135951	1333.2237	0.01359858
inHg	0.033421054	0.033863887	0.491154152	25.40000352	1	3386.388667	0.034531554	33863.88667	0.345403968
Pa	0.0000098692	0.00001	0.0001450377	0.0075006167	0.0002952998	1	0.0000101972	10	0.0001019977
kg/cm ²	0.96784101	0.980665	14.22334333	735.5592313	28.95902085	98066.5	1	980665	10.00256072
dyn/cm ²	0.0000009869	0.000001	0.0000145038	0.0007500617	0.00002953	0.1	0.0000010197	1	0.0000101998
mWc	0.096759324	0.098041394	1.421970206	73.53709233	2.895160715	9804.139432	0.099974399	98041.39432	1

برای مثال : 1atm ≈ 1.01 bar ≈ 14.7 psi ≈ 760 torr ≈ 29.92 inHg ≈ 101325 Pa ≈ 10.334 mWc

مفهوم دما

در جدول زیر، برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول برخی از دماهای مهم*

موضوع	دما بر حسب °C
نقطه جوش هیدروژن مایع	- ۲۳۵
نقطه جوش اکسیژن مایع	- ۱۸۳
نقطه انجماد الکل	- ۱۱۵
نقطه انجماد جیوه	- ۳۹
نقطه ذوب یخ	۰
دمای هوا در یک روز معمولی	۲۵
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطه ذوب موم	۵۰
نقطه جوش الکل اتیلیک (اتانول)	۷۸
نقطه جوش آب	۱۰۰
نقطه ذوب قلع	۲۳۲
نقطه جوش جیوه	۳۵۷
نقطه ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هسته زمین	۳۷۰۰±۱۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰±۱۰۰

* نقاط جوش، ذوب و انجماد، در فشار یک اتمسفر داده شده است.

اگر بخواهید در مورد مقدار گرمی یا سردی اجسام صحبت کنید چگونه آن را توصیف می کنید؟ احتمالاً از کلماتی مثل داغ، گرم یا سرد استفاده می کنید. اما این واژگان نمی توانند اطلاع دقیقی از میزان گرمی یا سردی اجسام به فرد دیگر بدهند. کمیت فیزیکی، مقایسه‌ای و مناسب برای این منظور، دما است. **دما کمیتی است که میزان گرمی و یا سردی اجسام را نشان می دهد.**

دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما با دماسنج انجام می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. به‌جز چند استثنا، تمام مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش آن منقبض می‌شوند. دما در اغلب دماسنج‌ها با انبساط یا انقباض یک مایع (معمولاً جیوه یا الکل رنگی) در لوله شیشه‌ای مدرج اندازه گرفته می‌شود. در متداول‌ترین مقیاس دما، عدد صفر مختص دمایی است که آب در آن یخ می‌زند و عدد ۱۰۰ به دمای جوشیدن آب (در فشار استاندارد) اختصاص دارد. فاصله بین این دو به ۱۰۰ قسمت مساوی به نام درجه تقسیم شده است. از این‌رو دماسنجی که چنین مدرج شده باشد دماسنج با مقیاس سانتی‌گراد نامیده می‌شود.



دماسنج سلسیوس



اگر دماسنج مورد استفاده ما از الکل اتیلیک پر شده باشد، آیا با این دماسنج می توان دمای جوش آب را اندازه گرفت؟

در دماسنج های متداول در سیستم های حرارت مرکزی از چه ماده ای، در دماسنج ها جهت اندازه گیری دما استفاده می شود؟

در تصاویر سه نوع دماسنج صنعتی، پزشکی و محیط نشان داده شده است. محل کاربرد هر یک را در زیر آن بنویسید.



انواع دماسنج ها

دماسنج بی متالی: بعضی از ترمومترها براساس انبساط و انقباض دو فلز غیر هم جنس (که انبساط و انقباض طولی آنها بر اثر تغییر دما متفاوت است) کار می کنند. در ساختمان این دستگاه ها از یک نوار بی متال (زوج فلز) استفاده شده است.

روی آب گرم کن های خانگی که نمونه رایج این دماسنج ها است؛ این نوع دماسنج را **ترموتر بی متالی** می گویند.

دماسنج غلافی: در شکل، یک نوع ترمومتر را که به **ترموتر غلافی** مشهور است مشاهده می کنید. غلاف، روی لوله یا دستگاه نصب می شود تا با رساندن حرارت لوله یا دستگاه به مخزن دماسنج، درجه حرارت مشخص شود.





کار کلاسی

به نظر شما کدام یک از انواع دماسنج‌ها بر روی دیگ آب گرم مناسب می‌باشد.

از فرمول زیر می‌توان برای تبدیل درجه سلسیوس به فارنهایت و برعکس استفاده کرد.

$$F = 1/8^{\circ}C + 32$$

مثال: دمای جوش آب برحسب درجه فارنهایت خواهد بود:

$$F = 1/8^{\circ}C + 32$$

$$F = 1/8 \times 100 + 32$$

$$F = 180 + 32$$

$$F = 212$$



کار کلاسی

جدول زیر را تکمیل نمایید.

$40^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$	$50^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$
$40^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$	$50^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$
$41^{\circ}F$	$.....K$	$41^{\circ}C$	$.....K$
$-40^{\circ}F$	$.....^{\circ}C$	$-40^{\circ}C$	$.....^{\circ}F$



فکر کنید

از کار کلاسی قبل چه نتیجه‌ای می‌گیرید، نتایج خود را به کلاس ارائه دهید.

دماسنج با لوله مویی: بعضی دیگر از ترمومترها مانند شکل زیر، از یک مخزن، یک لوله مویی و صفحه‌ای به همراه یک عقربه تشکیل شده‌اند. داخل مخزن و لوله مویی را معمولاً از جیوه یا گاز پر می‌کنند. دامنۀ کار نوع جیوه‌ای به « $39^{\circ}C$ » (دمای انجماد جیوه) تا « $357^{\circ}C$ » (دمای جوش جیوه) محدود می‌شود. اما نوع گازی آن از دمای « $260^{\circ}C$ » تا حدود « $800^{\circ}C$ » ساخته و استفاده می‌شود؛ به این نوع ترمومترها، ترمومتر «دنباله‌دار» نیز گفته می‌شود. در شکل، چند نوع ترمومتر با لوله مویی نشان داده شده است.

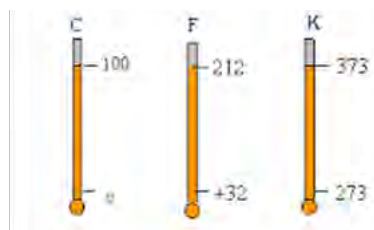


یکاهای سنجش دما

یکای سنجش دما در سیستم SI کلون (K) است. درجه سلسیوس یکا دیگری است که در اندازه‌گیری دما متداول است.

$$K = C + 273$$

یکای متداول دیگر در اندازه‌گیری دما درجه فارنهایت (F) است.





با توجه به ارتباط مقیاس‌های دما، جدول زیر را کامل کنید.

جسم	دما بر حسب درجه سلسیوس	دما بر حسب کلوین	دما بر حسب فارنهایت
دمای سطح خورشید	.....	۵۷۷۸	.....
دمای جوش روغن سرخ‌کردنی	۲۲۰	.....	.....
دمای آب در حال جوش	.....	.....	۲۱۲
دمای یخ در حال ذوب	۰	.....	.....
دمای صفر مطلق	-۲۷۳	۰	.....

گرما

مولکولی «گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌هاست. دما را نباید با گرما که شکلی از انرژی است اشتباه کرد. دما میزان سرعت مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد درحالی‌که گرما نه تنها نشان‌دهنده سرعت حرکت مولکول‌هاست بلکه تعیین کننده تعداد مولکول‌هایی است که تحت تأثیر آن قرار گرفته‌اند. مقدار گرما را با نماد Q نشان می‌دهند و در سیستم SI یکای گرما ژول (J) است.

طبق نظریه مولکولی

- ۱- اجسام از ذرات ریز به نام مولکول تشکیل شده‌اند.
- ۲- مولکول‌ها انرژی جنبشی و پتانسیل دارند.
- ۳- گرما مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی مولکول‌هاست.



فلاسفه قدیم بر این باور بودند که گرما سیالی (شاره‌ای) نامرئی است که از جسم گرم به سوی جسم سرد جریان دارد و برای این سیال اصطلاح کالری را به کار می‌بردند. در ایده جدید از گرما به عنوان «انرژی حرکت مولکولی» یاد می‌شود و تحت عنوان نظریه «جنبش مولکولی» نامیده می‌شود.

چون مولکول‌های اجسام، حرکت می‌کنند «انرژی جنبشی» دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگر دارند «انرژی پتانسیل» نیز دارند. وقتی جسمی را گرم کنیم انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه «جنبشی



باتوجه به شکل زیر در صورتی که شمش فولادی و چوب کبریت در یک محیط کاملاً ایزوله قرار گرفته باشند تغییرات دما و گرمای آن را با یکدیگر مقایسه نموده و نتایج کار خود را به کلاس ارائه دهید.



بیشتر بدانید

یکاهای دیگری هستند که در اندازه گیری مقدار گرما به کار می روند.

Btu بی تی یو

KCal کیلوکالری

Cal کالری

$1 \text{ Cal} = 4/186 \text{ J}$

$1 \text{ Btu} = 252 \text{ Cal}$

$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ Cal}$

$1 \text{ Kcal} = 3/97 \text{ Btu} \approx 4 \text{ Btu}$

یکاهای سنجش گرما

برای سنجش گرما در یکاهای متریک و I-P از کالری (cal) و بی تی یو (Btu) استفاده می کنند. یک کالری مقدار گرمایی است که اگر به یک گرم آب (آب با دمای $14/5$) داده شود دمای آن یک درجه سلسیوس افزایش می یابد. یکا بزرگ تر آن کیلوکالری است که معادل ۱۰۰۰ کالری است.

یکای Btu بر چه اساسی تعریف شده است؟

تحقیق کنید



کار کلاسی



جدول زیر را تکمیل نمایید.

۳۰۰۰ Cal	..... Kcal	۲۵۰۰ Cal	..... Btu
۴۵۰۰۰ Btu	..... Cal	۲۵۰۰۰۰ Btu	..... Kcal
۲۰۰۰ Cal	..... J	۳۰۰۰ Btu	..... J

ظرفیت گرمایی ویژه به صورت مقدار گرمای لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از ماده به اندازه یک درجه سلسیوس تعریف می شود و آن را با نماد C نشان می دهند.

با توجه به عوامل مؤثر در مقدار گرمای منتقل شده به جسم سه عامل مؤثر است: اختلاف دما، مقدار ماده، ظرفیت گرمایی ویژه (وابسته به جنس ماده)

ظرفیت گرمایی ویژه: انرژی گرمایی لازم برای تغییر دمای یک کیلوگرم از یک جسم به اندازه یک درجه سانتی گراد (یک درجه کلون) را گرمای ویژه گویند. جدول صفحه بعد گرمای ویژه چند ماده را نشان می دهد.

بنابراین معادله گرما به شکل زیر خواهد بود:

$$Q = mc (t_r - t_i) = mc\Delta t$$

تغییر دما × ظرفیت گرمایی ویژه × جرم = گرمای منتقل شده :

می توان یکای ظرفیت گرمایی ویژه را به کمک معادله بالا به دست آورد.

$$C = \frac{Q}{m(t_r - t_i)}$$

$$C = \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C} \text{ یکای}$$

جدول گرمای ویژه مواد بر حسب $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$ در دمای $25^\circ C$

ماده	گرمای ویژه	ماده	گرمای ویژه
هیدروژن (گاز)	۱۴۳۰۰	بتن	۸۸۰
آب	۴۱۸۶	سنگ مرمر	۸۸۰
آب دریا	۳۹۰۰	آجر	۸۴۰
الکل	۲۴۰۰	سنگ گرانیت	۷۹۰
بخار آب $100^\circ C$	۲۰۸۰	گرافیت	۷۱۰
یخ $10^\circ C$	۲۰۵۰	شیشه	۶۷۰
نایلون	۱۷۰۰	الماس	۵۰۹
طلا	۱۲۹۱	آهن	۴۵۰
ازت (گاز)	۱۰۴۰	چوب	۴۲۰
هوا در شرایط اتاق	۱۰۱۲	مس	۳۸۵
هوا در صفر سانتی گراد	۱۰۰۴	جیوه	۱۴۰
آلومینیوم	۸۹۷	سرب	۱۲۶

در سیستم های گرمایشی ساختمان از آب به عنوان انتقال دهنده گرما استفاده می کنند. چرا؟

کار کلاسی



فناوری و کاربرد

در جدول گرمای ویژه دیدیم که گرمای ویژه آب از سایر مواد بیشتر است. از این خاصیت آب برای گرم کردن فضای خانه ها به وسیله پکیج گرمایشی استفاده می شود. آب گرم شده از پکیج گرمایشی به وسیله پمپ و از طریق لوله ها به رادیاتور می رسد. در آنجا انرژی گرمایی خود را به محیط خانه می دهد و دمای آب کاهش می یابد. بار دیگر از طریق لوله های برگشت آب به پکیج گرمایشی برمی گردد و در این چرخه باز همین عمل تکرار می شود.

کار کلاسی



مثال: ۲۰ کیلوگرم آب $25^\circ C$ را تا دمای $75^\circ C$ گرم

می کنیم. مقدار گرمای انتقال یافته چند ژول است؟

$$q = (m)(c)(t_r - t_i)$$

$$q = (20 \text{ Kg})(4186 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C})(75 - 25)^\circ C$$

$$q = 418600 \text{ J} = 4186 \text{ kJ}$$



کار کلاسی

دو لیتر آب $24^\circ C$ را درون یخچالی قرار می دهیم. پس از مدتی دمای آب به $4^\circ C$ می رسد. در این مدت آب چه مقدار گرما از دست داده است؟ جرم هر لیتر آب را 1 kg در نظر بگیرید.

از کار کلاسی بالا چه نتیجه ای می گیرید؟

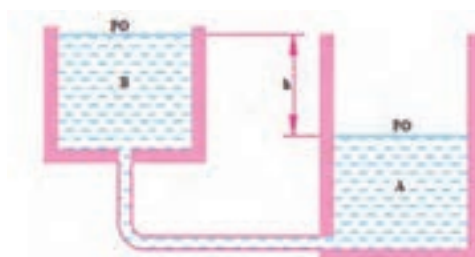


انتقال گرما

انتقال گرما از جسمی به جسم دیگر هنگامی انجام می‌شود که بین آنها اختلاف دما وجود داشته باشد. اگر جسم با محیط اطراف خود، هم‌دما باشد بین جسم و محیط، انتقال گرما وجود نخواهد داشت. انتقال گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم

با دمای کمتر (از جسم گرم‌تر به جسم سردتر) بوده و هرگز در جهت عکس آن صورت نمی‌گیرد از این جهت می‌توان گرما را به آبی تشبیه نمود که از یک مخزن در ارتفاع بالاتر به طرف مخزن در ارتفاع پایین‌تر جریان می‌یابد.

جهت حرکت آب و جهت حرکت گرما را در شکل زیر مشخص کنید.



جریان آب به دلیل اختلاف ارتفاع

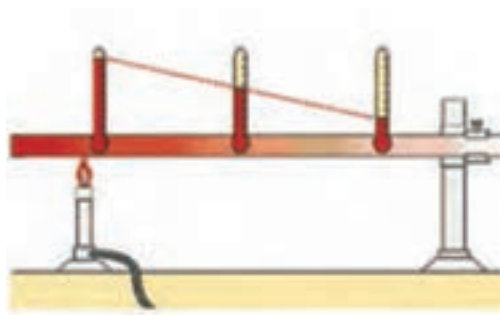


انتقال گرما از جسم گرم‌تر به جسم سرد

روش‌های انتقال گرما

روش‌های انتقال گرما عبارت‌اند از رسانش، وزش و تابش. هدایت مانند جریان گرما از یک سر گرم میله آهنی به سر دیگر آن، وزش مانند جریان گرمای باد گرم در صحرا و تابش مانند جریان گرما از خورشید به ما است. در شکل سه روش انتقال گرما نمایش داده شده است.

چندنی اتاقک احتراق به سیال طرف دیگر که هوا یا آب است انتقال می‌یابد.



تئوری جنبشی گرما می‌گوید، افزایش گرما حرکت مولکولی را افزایش می‌دهد. در نتیجه وقتی جسم گرم می‌شود میانگین سرعت مولکول‌هایش، به سرعت افزایش می‌یابد. مولکول‌های با انرژی بالا به مولکول‌های نزدیک خود برخورد نموده آنها را نیز به حرکت وامی‌دارند. بدین ترتیب انرژی گرمایی در اجسام جامد انتقال می‌یابد.



روش‌های انتقال گرما

انتقال گرما به روش رسانش: انتقال گرما در اجسام جامد به روش رسانش انجام می‌شود. در کوره‌ها هوای گرم و در دیگ‌ها، گرمای شعله از طریق بدنه فولادی یا



الف) اهمیت ضخیم بودن دیوارها در قدیم چیست؟
 ب) به نظر شما با توجه به فرمول انتقال گرما کدام یک از ویژگی‌های ساختمان را می‌توان تغییر داد تا میزان انتقال گرما کاهش یابد.



مثال: یک کوره هوای گرم از طریق جداره فولادی خود به ضخامت 8 mm و سطح گرمایی مؤثر 8 m^2 گرما را از طرف شعله عبور داده و باعث گرم شدن هوای عبوری از کوره می‌شود در صورتی که دمای سطح طرف شعله 135°C و دمای سطح طرف هوای گرم 124°C باشد، مقدار گرمای انتقال یافته

(با ظرفیت گرمایی کوره) را حساب کنید. $k = 52 \frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

$$x = 8\text{ mm} = 0.008\text{ m}$$

$$H = \frac{K}{X} A (t_2 - t_1)$$

$$H = \frac{52 \left(\frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)}{0.008\text{ (m)}} \times 8\text{ (m}^2) \times (135 - 124) (^\circ\text{C})$$

$$H = 57200\text{ W}$$

پاسخ:

عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش را می‌توان در فرمول زیر خلاصه کرد:

$$H = \frac{K}{X} A (t_2 - t_1)$$

در این فرمول

t_1 = دمای سطح طرف سرد جسم به $^\circ\text{C}$

t_2 = دمای سطح طرف گرم جسم به $^\circ\text{C}$

A = مساحت سطح در معرض انتقال گرما به m^2

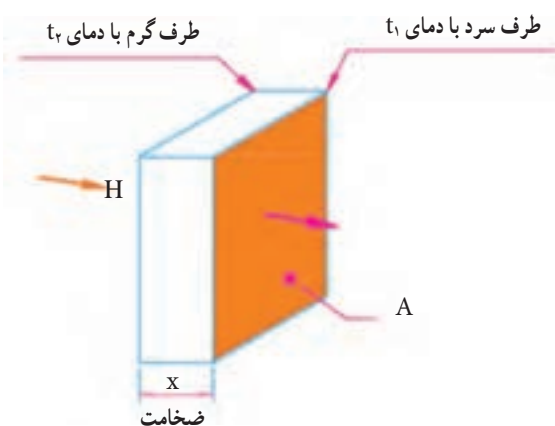
x = ضخامت جسم یا فاصله بین دو سطح گرم و سرد به m (متر)

k = قابلیت هدایت گرمایی (گرم‌رسانی) است و یکای آن

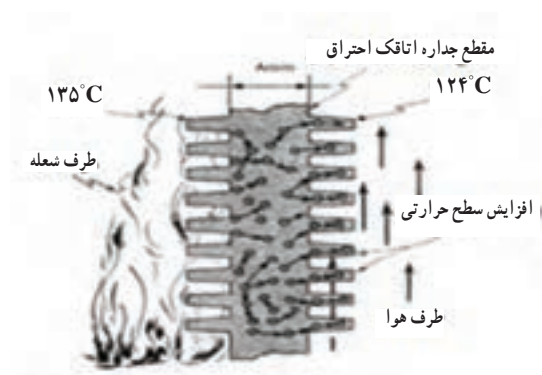
بر حسب $\frac{\text{W.m}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ (وات بر متر مربع بر درجه سانتی‌گراد)

بیان می‌شود.

H = توان گرمایی انتقال یافته بر حسب وات



عوامل مؤثر در انتقال گرما به روش رسانش



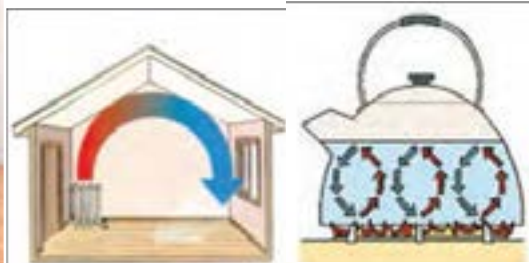


دمای سطح داخل دیگ آب گرم 75°C و دمای سطح خارجی آن 65°C است، اگر ضخامت جداره 2cm و مساحت آن 2m^2 باشد، میزان انتقال گرما از سطح داخل دیگ به سطح بیرون آن چند W است؟ (قابلیت هدایت گرمایی چدن $50 \frac{W.m}{m^2.^{\circ}C}$ است)

گرم یا سرد، نمونه‌هایی از «وزش اجباری» هستند. در هر حال وزش، انتقال گرما به وسیله حرکت مولکول‌ها از یک محل به محل دیگر است. بدین صورت که مولکول‌های گرم شده از یک محل به محل دیگر حرکت کرده و گرما را با خود جابه‌جا می‌کنند. هوا در اثر تماس با وسیله گرم‌کننده مانند رادیاتور یا بخاری گرم شده، انبساط می‌یابد و در نتیجه سبک‌تر شده، به طرف بالا حرکت می‌کند و هوای سرد و سنگین به آرامی جای آن را می‌گیرد و این عمل تکرار می‌شود.

انتقال گرما به روش وزش: چنان که قبلاً بیان شد، مایعات و گازها گرمای قابل توجهی را هدایت نمی‌کنند، انتقال گرما در مایعات و گازها به وسیله «وزش» یا «جابه‌جایی» یا «همرفت» صورت می‌گیرد. جریان باد کره زمین، گرمایی که از روی شعله بالا می‌رود، مکش دودکش بخاری نمونه‌هایی از «وزش طبیعی» هستند.

استفاده از یک پمپ برای گردش آب گرم یا سرد یا استفاده از یک بادزن برای به جریان انداختن هوای



انتقال گرما به روش وزش (همرفت، جابه‌جایی)

T_s = دمای سطح جسم گرم به $^{\circ}\text{C}$ ؛
 A = سطح جسم گرم به m^2 ؛
 F = ضریب انتقال یا ضریب هدایت سطحی به $\frac{W}{\text{m}^2.^{\circ}C}$ ؛
 H = مقدار گرمای جابه‌جا شده توسط سیال به W است.
مثال: دمای سطح رادیاتور 80°C و سطح گرمایی آن 6m^2 است. مقدار گرمای انتقال یافته از رادیاتور به هوای اتاق را حساب کنید در صورتی که دمای هوای اتاق 20°C و ضریب هدایت سطحی $8 \frac{W}{\text{m}^2.^{\circ}C}$ باشد.

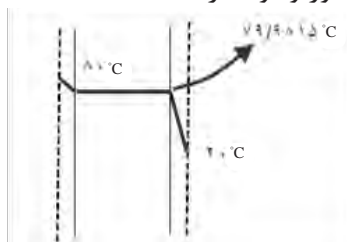
در مورد انتقال گرما به صورت وزش، نمی‌توان مانند هدایت گرمایی رابطه‌ای ساده به دست آورد، زیرا مقدار گرمای مبادله شده بین سیال (گاز یا مایع) و سطح جسم جامد به عوامل متعددی مانند: صاف بودن سطح، عمودی یا افقی قرار گرفتن سطح، چگالی سیال، گرمای ویژه، قابلیت هدایت گرمایی سیال، سرعت سیال و... بستگی دارد. به طور کلی مقدار گرمایی که به روش وزش، بین سطح و سیال مبادله می‌شود از رابطه «نیوتن» به دست می‌آید.

$$H = FA(T_s - T_m)$$

در این رابطه:

T_m = دمای متوسط سیال به $^{\circ}\text{C}$ ؛

توجه داشته باشید یک لایه نازک سیال (آب) نیز در داخل رادیاتور وجود دارد.



$$H = FA(T_s - T_m)$$

$$H = 18 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) 6 (m^2) (40 - 20) (^\circ C)$$

$$H = 2880 W$$

همان طور که ملاحظه می شود توان گرمایی انتقال یافته از پوسته رادیاتور پس از عبور از لایه نازک هوای (فیلم) روی سطح دیوار وارد اتاق می شود.

مقدار گرمای انتقال یافته از سطح بیرونی دیواری به مساحت $12 m^2$ و دمای $10^\circ C$ به هوای بیرون با دمای $5^\circ C$ - چند وات است؟

$$H = 18 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) 12 (m^2) (10 - 5) (^\circ C)$$

کار کلاسی



انتقال گرما از یک جدار: در زمستان انتقال گرما از هوای داخل اتاق به هوای سرد بیرون در سه مرحله صورت می پذیرد.

۱- انتقال گرما به روش وزش از هوای گرم داخل به سطح داخلی دیوار و مقدار آن از رابطه $H = F \cdot A(t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

۲- انتقال گرما به روش هدایت از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار و مقدار آن از رابطه $H = \frac{k}{x} A(t_i - t_o)$ قابل محاسبه است.

۳- انتقال گرما به روش وزش از سطح خارجی دیوار به هوای سرد بیرون و مقدار آن از رابطه $H = F \cdot A(t_o - t_e)$ قابل محاسبه است.

برای آسان شدن محاسبات انتقال گرما از هوای گرم داخل اتاق به هوای سرد خارج اتاق می توانیم از رابطه $H = U \cdot A(t_i - t_o)$ استفاده کنیم.

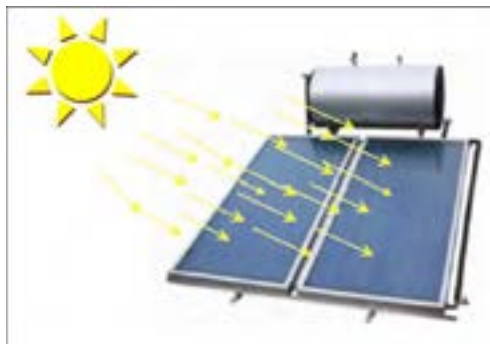
U : ضریب کلی انتقال گرمای دیوار بر حسب $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ که مقدار آن براساس مصالح به کار رفته در دیوار، ضخامت دیوار و ضریب هدایت سطحی داخل و خارج است.

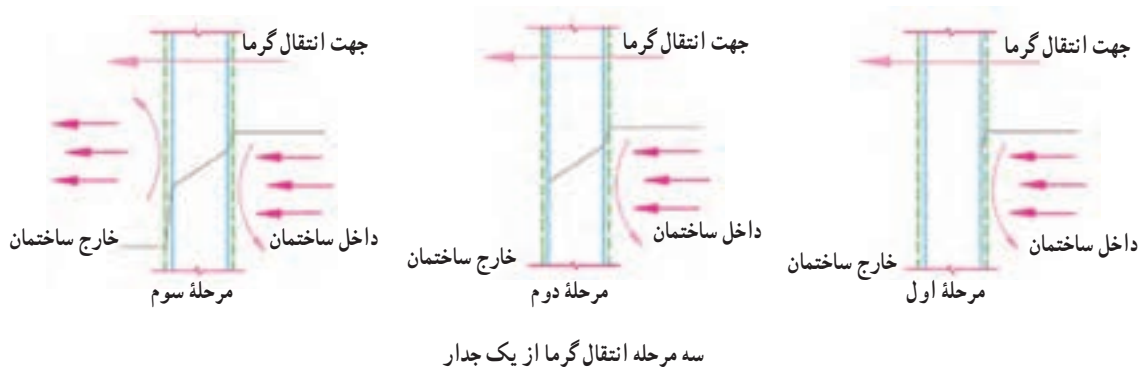
در ساختمان ها انتقال گرما به غیر از دیوارها می تواند از طریق در، پنجره، سقف و کف نیز صورت گیرد.

انتقال گرما به روش تابش: انتقال گرما به روش تابش به صورت حرکت موجی نظیر امواج نور است و بدون دخالت ماده واسطه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

بیشترین انرژی گرمایی کره زمین به روش تابش از خورشید، از فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری تأمین می شود. تابش خورشید از بالای پشت بام خانه در یک روز روشن در منطقه معتدل برروی وسایل خانه به اندازه ای است که می تواند به مدت یک هفته انرژی الکتریکی آن خانه را تأمین نماید. در تابش کامل و عمود اشعه تابشی، زمین معادل $830 \frac{W}{m^2}$ انرژی از خورشید دریافت می کند.

امواج گرمایی براساس دمای جسم منتشرکننده موج ممکن است قابل رؤیت یا نامرئی باشند مثلاً اگر فلزی به اندازه کافی گرم شود سرخ می شود و امواج گرمایی قابل رؤیت (نور) منتشر می کند (مانند بخاری برقی).





در نمودار مقابل مقدار گرمای انتقال یافته از یک مترمربع دیوار را حساب کنید.

حل:

الف) گرمای انتقال از هوای داخل به سطح داخل در صورتی که ضریب انتقال سطحی داخل $F_s = 8/13 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ باشد.

$$H = F_i A (t_i - t_r)$$

$$H = 8/13 \times 1 (22 - 12/664)$$

$$H = 75/9 W$$

ب) گرمای انتقال یافته از سطح داخلی دیوار به سطح خارجی دیوار در صورتی که قابلیت هدایت گرمایی دیوار $k = 1/2 \frac{W \cdot m}{m^2 \cdot ^\circ C}$ باشد.

$$H = \frac{K}{X} A (t_r - t_1)$$

$$H = \frac{1/2}{0/105} \times 1 (12/664 - 6/024)$$

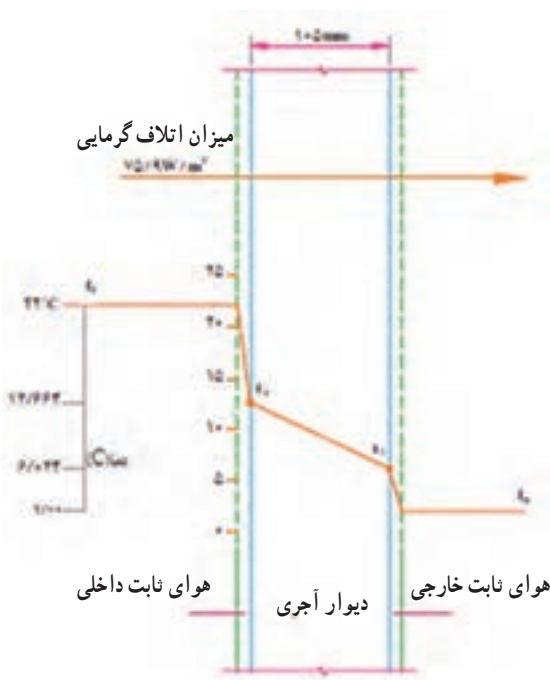
$$H = 75/9 W$$

پ) گرمای انتقال یافته از سطح خارجی دیوار به هوای بیرون در صورتی که ضریب انتقالی سطحی $F_s = 18/87 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ باشد.

$$H = F_o A (t_r - t_o)$$

$$H = 18/87 \times (6/024 - 2)$$

$$H = 75/9 W$$



نمودار تغییر دما در انتقال گرما

همان طور که در مثال فوق ملاحظه می‌نمایید مقدار گرمای انتقال در هر سه مرحله برابر است. عامل انتقال گرما در مرحله اول، $(t_i - t_r)$ ، در مرحله دوم $(t_r - t_1)$ و در مرحله سوم $(t_r - t_o)$ می‌باشد. از آنجایی که تعیین دمای سطح داخل و دمای سطح خارج به آسانی میسر نیست برای محاسبه گرمای انتقال یافته براساس اختلاف دمای داخل و دمای خارج $(t_i - t_o)$ عمل کرده و از فرمول زیر استفاده می‌نمایند.

$$H = U \cdot A (t_i - t_o)$$



مثال: مقدار گرمای انتقال یافته از دیوار اتاقی به طول ۵m و ارتفاع ۳m را محاسبه کنید. دمای داخل اتاق ۲۰°C و دمای هوای بیرون ۰°C است و ضریب کلی انتقال گرمای این دیوار $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ ۱/۶ می باشد.

$$H = U \cdot A(t_i - t_o) \quad U = \frac{1}{6} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

ارتفاع دیوار × طول دیوار = A

$$A = 5m \times 3m = 15m^2 \quad t_i = 20^\circ C \quad t_o = 0^\circ C$$

$$H = \frac{1}{6} \times 15 (20 - 0) = \frac{1}{6} \times 15 \times 20 = \frac{1}{6} \times 300$$

$$H = 480W$$

تمرین: مقدار گرمایی که از طریق پنجره‌ای به طول ۲/۵m و ارتفاع ۱/۶m از داخل اتاق با دمای ۲۰°C به بیرون با دمای ۰°C منتقل می شود را محاسبه کنید.

$$H = U \cdot A(t_i - t_o) \quad U = \frac{1}{6} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

ارتفاع پنجره × طول پنجره = A

$$A = 2/5m \times 1/6m = 4m^2$$

$$t_i = 20^\circ C \quad t_o = 0^\circ C$$

$$H = \frac{1}{6} \times 4 (20 - 0) = \frac{1}{6} \times 4 \times 20 = 480W$$

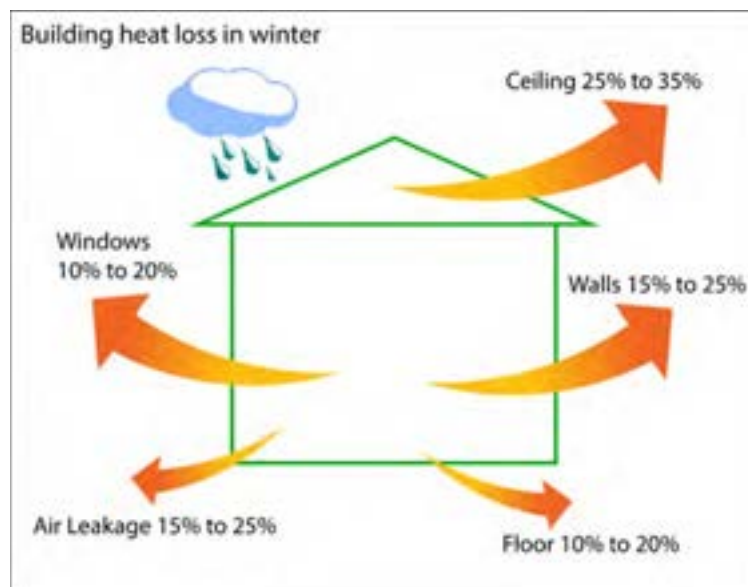
از مقایسه دو تمرین بالا چه نتیجه‌ای می گیرید.

با تعریف داده شده مشخص است که یکای بارگرمایی مقدار انرژی بر زمان است که در سیستم SI ژول بر ثانیه یا وات، در سیستم متریک کیلوکالری بر ساعت و در سیستم امپریال (I-P) بی تی یو بر ساعت است. اتلاف گرمایی به دو بخش کلی دسته بندی می شود:

- ۱- اتلاف گرمایی از پوسته خارجی ساختمان
- ۲- اتلاف گرمایی در اثر نفوذ هوای سرد

در شکل، سهم هر بخش در اتلاف گرما نشان داده شده است.

برآورد سریع بار گرمایی
اتلاف گرمایی (Heat Loss): مقدار گرمای هدر رفته از داخل ساختمان در یکا زمان
بارگرمایی (Heat Load): مقدار گرمای مورد نیاز برای حفظ دمای یک ساختمان در یکا زمان
 با توجه به دو تعریف بالا مشخص است که برای حفظ دما چنانچه مقدار بارگرمایی برابر اتلاف گرمایی باشد دمای ساختمان ثابت بوده و تعادل برقرار است. بارگرمایی برابر توان گرمایی تولید شده دستگاه‌ها می باشد.





همان گونه که در شکل صفحه قبل نشان داده شده سهم اتلاف گرمایی از هر بخش مانند سقف، کف، دیوارها، پنجره‌ها و نفوذ هوا با درصد متغیری بیان شده است. فکر می‌کنید علت این تغییرات به چه عواملی بستگی دارد؟

بر مترمربع با در نظر گرفتن نوع کاربری ساختمان، منطقه آب و هوایی و طبقه وقوع ساختمان می‌توان در نظر گرفت. در جدول، بار گرمایی سرانگشتی دو نوع ساختمان مسکونی ویلایی و آپارتمانی آورده شده است.

نکته: اعداد داخل جدول برای حالتی در نظر گرفته شده است که پوسته خارجی ساختمان اعم از دیوارها، کف و سقف با گرمابند (عایق) پوشش داده شده باشند و پنجره‌ها نیز دو جداره در نظر گرفته شوند که در ساختمان‌های نوساز، رعایت این موارد الزامی است. برای ساختمان‌هایی که گرمابندی در آنها رعایت نشده باشد پس از محاسبه بار گرمایی را در عدد $2/2$ ضرب کنید.

$$H = H_A \times A$$

$$H_{wi} = 2/2 H$$

A = مساحت اتاق یا زیربنای ساختمان

H_A = بار گرمایی به ازای سطح

H = بار گرمایی

H_{wi} = بار گرمایی برای ساختمان‌های بدون گرمابندی

همان‌طور که مشخص است محاسبه اتلاف گرمایی هر بخش بسیار وقت‌گیر است و به عوامل زیادی مانند جنس دیوارها، سقف، کف و تک جداره یا چند جداره بودن پنجره و مساحت آنها و ارتفاع ساختمان و جهت ساختمان، منطقه آب و هوایی و ... بستگی دارد. برای اینکه در ساختمان‌های کوچک شاید نیاز به محاسبات خیلی دقیق نباشد و بخواهیم سرعت کار را با دقت خوبی افزایش دهیم، از روش‌های تجربی استفاده می‌کنیم. این روش‌ها نتیجه کار چند ساله و تجربه مهندسان با توجه به نوع شهر که در منطقه آب و هوایی خیلی سرد، سرد، معتدل یا گرم قرار گرفته است محاسبه شده و به صورت جدول در اختیار قرار داده شده است، این نوع محاسبه بار گرمایی یک ساختمان را محاسبه سریع (Quickly calculate the Heating) یا محاسبه سرانگشتی (Heating Load Rules of Thumb) گویند. بدیهی است که با پیشرفت علوم رایانه‌ای، نرم‌افزارهای متنوعی نیز برای محاسبه بار گرمایی ساختمان وجود دارد که تعدادی از آنها حتی بر روی تلفن‌های همراه قابل نصب است.

مقدار بار گرمایی سرانگشتی را از ۵۰ تا ۱۸۰ وات

جدول بار گرمایی سرانگشتی به ازای سطح H_A				
نوع کاربری ساختمان	بار گرمایی به ازای هر مترمربع زیربنا W/m^2			
	خیلی سرد	سرد	معتدل	گرم
دما درجه سلسیوس	پایین تر از ۱۰ -	$-10 < t \leq -5$	$-5 < t \leq 0$	$0 < t \leq 5$
آپارتمانی	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰
مسکونی ویلایی	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰

در جدول زیر میانگین کمینه دمای زمستانی هوای چند شهر ایران داده شده است.
جدول میانگین کمینه دمای زمستانی هوای شهرهای مختلف ایران

نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)	نام شهر	میانگین کمینه دمای زمستانی (°C)
آبادان	+۳	ساری	-۳
آمل	-۲	سبزوار	-۸
اراک	-۱۲	سراب	-۱۹
اردبیل	-۲۳	سمنان	-۵
ارومیه	-۱۳	سنندج	-۱۴
اصفهان	-۷	سیرجان	-۷
اهواز	+۳	شهرکرد	-۱۴
ایلام	-۴	شیراز	-۴
بابل	-۲	کرج	-۹
بجنورد	-۱۳	کرمان	-۹
بستان آباد	-۲۴	کاشان	-۴
بندرعباس	+۸	کرمانشاه	-۱۰
بوشهر	+۶	جزایر خلیج فارس	+۱۰
بیرجند	-۹	گرگان	-۱
تبریز	-۱۱	فیروزکوه	-۲۲
تهران	-۴	قائم شهر	-۳
تهران (تجریش)	-۷	قزوین	-۱۱
خرم آباد	-۷	قشم	+۱۲
خوی	-۱۴	قم	-۴
دزفول	+۱	مشهد	-۱۰
رشت	-۳	نیشابور	-۱۲
زاهدان	-۸	همدان	-۱۹
زنجان	-۱۶	یزد	-۶

مثال ۱: بار گرمایی یک ساختمان مسکونی ویلایی با زیر بنای ۱۵۰ مترمربع در جزیره ابوموسی در خلیج فارس چند وات است؟
 $H = H_A \times A = 60 \times 150 = 9000 \text{ W}$

مثال ۲: بار گرمایی ساختمانی با همین ویژگی (مثال ۱) که از ساخت آن بیست سال گذشته و گرمابندی نشده، چند وات است؟
 $H_{wi} = 2/2 H = 2/2 \times 9000 = 19800 \text{ W}$

محاسبه منابع تولید گرما و پخش کننده‌ها: پس از محاسبه بار ساختمان می‌توان با توجه به نوع سیستم تولید گرما و پخش کننده‌ها ظرفیت آنها را نیز پیش‌بینی نمود. منابع تولید گرما در ساختمان‌های مسکونی به‌طور معمول در دو نوع دیگ آب‌گرم یا پکیج شوفاژ گازی می‌باشد. بار گرمایی دیگ مجموع اتلاف گرمایی ساختمان و گرمای مورد نیاز برای تأمین آب‌گرم مصرفی می‌باشد. اما در پکیج چون سیستم آب‌گرم مصرفی و آب‌گرم پخش‌کننده‌ها به صورت سری کار می‌کنند یعنی اینکه با باز کردن شیر آب‌گرم مصرفی، مدار آب سیستم گرم‌کننده پخش‌کننده‌ها قطع می‌گردد، پس بار گرمایی که برای ساختمان محاسبه شده جوابگوی آب‌گرم مصرفی نیز می‌باشد.

چگونه یک رادیاتور انتخاب کنیم؟ برای انتخاب رادیاتور طراحان راه‌های متفاوتی را پیشنهاد می‌کنند ولی در اینجا ما با محاسبات سریع این کار را انجام می‌دهیم. برای این کار ساده‌ترین راه بار گرمایی فضا تقسیم بر بار گرمایی هر پره رادیاتور در نظر گرفته شده است.

$N =$ تعداد پره، $H =$ بار گرمایی ساختمان، $H_R =$ هر پره رادیاتور

$$N = \frac{H}{H_R}$$

مثال ۳: چنانچه بخواهیم برای گرمایش ساختمان در مثال‌های ۱ و ۲ رادیاتورهای با توان گرمایی هر پره ۱۴۵ وات را به کار ببریم تعداد پره‌های مورد نیاز چند عدد است؟

در حالتی که ساختمان عایق کاری شده و از پنجره‌های دو جداره استفاده شده:

$$N = \frac{H}{H_R} = \frac{9000}{145} = 62 \text{ پره}$$

در حالتی که ساختمان عایق کاری نشده و از پنجره‌های فلزی معمولی استفاده شده:

$$N = \frac{H_{wi}}{H_R} = \frac{19800}{145} = 126 \text{ پره}$$

چگونه یک پکیج شوفاژ گازی انتخاب کنیم؟

در انتخاب پکیج چند عامل مؤثر است؟

- ۱- بار گرمایی مورد نیاز ساختمان
- ۲- مقدار آب‌گرم مورد نیاز (۲۵ درصد بار گرمایی)
- ۳- نوع دودکش پکیج (یک جداره با مکش طبیعی، دو جداره فن‌دار)
- ۴- بودجه در نظر گرفته شده (انتخاب برند)
- ۵- زمینی یا دیواری بودن پکیج

و.....
 پنج مورد بالا از اساسی‌ترین پارامترهای انتخاب پکیج است. البته همه اینها به شرط وجود گاز در منطقه است. با این حال عوامل دیگری نیز مطرح می‌باشند در جدول، چند نوع پکیج ساخت یک شرکت داخلی آمده است.

مثال ۴: آب‌گرم مورد نیاز ساختمان‌های مثال ۱ و ۲ چند وات است؟

$$H_1 = 1/25 H = 1/25 \times 9000 = 11250 \text{ W}$$

$$H_2 = 1/25 H = 1/25 \times 19800 = 24750 \text{ W}$$

مثال ۵: ظرفیت پکیج مورد نیاز در مثال ۴ چند کیلووات است؟

چون حداقل توان گرمایی پکیج برای ساختمان اول ۱۱۲۵۰ W است و ما پکیج در این مقیاس نداریم از پکیج ۲۴ KW و برای ساختمان دوم از پکیج ۲۸ KW استفاده می‌کنیم.

نوع دودکش نیز با توجه به نظر طراح تعیین می‌شود. که ممکن است از دودکش دو جداره (۶/۱۰) و یا تک جداره ۱۵ سانتی‌متر استفاده کنیم.

جدول چند نوع پکیج شوفاژ گازی دیواری

مدل	حداکثر توان گرمایی		ابعاد دستگاه (cm)			تأمین آب گرم در lit/min $\Delta T=30^{\circ}C$	حداکثر مصرف برق (W)	قطر دودکش (cm)	وزن خالص (Kg)	قیمت (ریال)
	Kcal/hr	KW	ارتفاع	عرض	عمق					
BN324i	18000	21	74	40	33/2	10/5	100	15	29	12,930,000
Venezia 24 KI	20500	23/8	74	40	33/2	11/4	85	15	30	14,760,000
Venezia 24 KIS	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	34	15,770,000
Venezia 28 KI	24500	28/5	74	45	33/2	13/6	85	15	34	15,730,000
Venezia 28 KIS	24000	28	74	45	33/2	13/4	125	10 (6)	36	16,590,000
Roma 24 KI	21000	24/1	74	40	33/2	11/5	85	15	30	18,290,000
Roma 24 KIS	21000	24/2	74	40	33/2	11/6	125	10 (6)	33	19,150,000
Roma 28 KIS	24000	27/9	74	40	33/2	13/3	125	10 (6)	33	20,100,000
Benessere Pro 28K	24350	28/3	74	45	33/2	13/5	85	15	32	24,930,000
Benessere Pro 30KIS	26200	30/4	74	45	33/2	14/5	110	10 (6)	36	28,040,000
Optima Alta 35C	29200	33/9	78	50	33/2	16/6	153	10 (6)	47	43,000,000
Optima 24 KI	21000	24/1	74	40	33/2	11/5	85	15	30	16,380,000
Optima 24 KIS	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	33	17,350,000
Optima 28 KI	25000	28/8	74	45	33/2	13/8	85	15	32	17,170,000
Optima 28 KIS	24000	28	74	40	33/2	13/4	125	10 (6)	34	18,210,000
Optima 24KIS silver	21000	24	74	40	33/2	11/5	125	10 (6)	33	18,720,000

برآورد قطر لوله (pipe sizing)

همان طور که می‌دانید برای انتقال آب گرم به گرماده‌ها یا همان پخش‌کننده‌ها نیاز به لوله‌هایی با قطر مشخص داریم که بتواند میزان گرمای طراحی شده را توسط آب از مولدهای گرما (دیگ یا پکیج) به محل مورد نظر برساند. پس نخستین گام برای برآورد قطر لوله میزان آبدهی یا دبی یا گذر آب از آن لوله است. مقدار گذر آب (q_v): یکای آن در سیستم SI مترمکعب بر ثانیه و در سیستم متریک لیتر بر ثانیه است.

$$q_v = \frac{H}{\rho \times C_p \times \Delta T} = \frac{H}{1 \times 4 / 186 \times 12}$$

$$\frac{H}{50} \approx \frac{H}{50}$$

$$q_v = \frac{H}{50}$$

H kW بار گرمایی محل مورد نظر =

p = چگالی آب kg/l

C_p = گرمای ویژه در فشار ثابت $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

ΔT = اختلاف دمای رفت و برگشت آب گرم $^\circ C$

q_v = دبی پمپ $\frac{l}{s}$

نکته: اختلاف دمای رفت و برگشت آب گرم پیشنهادی $12^\circ C$ در نظر گرفته شده است. ولی این مقدار در منابع مختلف از $10^\circ C$ تا $15^\circ C$ ثبت شده است.

مثال ۱: بار گرمایی یک ساختمان، ۲۴ کیلووات برآورد شده است. چنانچه برای این ساختمان، یک پکیج گرمایشی طراحی شده باشد، گذر آب گرم خروجی از پکیج چند لیتر بر ثانیه و چند مترمکعب بر ثانیه و چند مترمکعب بر ساعت است؟

$$q_v = \frac{H}{50} = \frac{24}{50} = 0.48 \frac{l}{s}$$

$$q_v = 0.48 \times \frac{1}{1000} = 0.00048 \frac{m^3}{s}$$

$$q_v = 0.48 \times \frac{3600}{1000} = 0.48 \times 3.6 = 1.728 \frac{m^3}{h}$$

حال با داشتن گذر آب و داشتن سرعت آب (V) در لوله می‌توان از رابطه زیر سطح مقطع لوله و در نتیجه قطر لوله را به دست آورد:

$$q_v = V \times A = V \times \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 q_v}{\pi V}}$$

سرعت آب در لوله چه اندازه باید باشد؟

برآوردکنندگان یک طرح برای اینکه بیشینه سرعت آب در لوله را تعیین کنند به سه عامل اصلی توجه می‌کنند:

۱- سر و صدا (noise)

۲- هزینه (costs)

۳- سایش (erosion)

چنانچه قطر لوله کوچک‌تر از حد معمول باشد صدا در لوله بیشتر، هزینه پمپاژ نامطلوب و سایش بیشتر لوله‌ها را در پی خواهد داشت.

چنانچه قطر لوله بزرگ‌تر از حد معمول باشد گرچه صدا در لوله‌ها وسایش کمتری را در لوله‌ها داریم ولی هزینه‌های نصب و نگهداری گزافی را در پی خواهد داشت.

بنابراین قطر لوله باید به روشی انتخاب شود که ضمن کاهش هزینه‌های اولیه از اثرات نامطلوب سرعت بالا اجتناب شود.

پیشنهادهای گوناگونی برای بیشینه سرعت آب در سیستم‌های لوله‌کشی وجود دارد، ولی بیشینه سرعت پیشنهادی برابر است با:

- بیشینه سرعت آب در طبقات $1/2 \text{ m/s}$

- بیشینه سرعت آب در ریزرها و لوله‌های اصلی $2/4 \text{ m/s}$

در این بخش با توجه به اینکه لوله در کدام بخش ساختمان قرار دارد، می توان قطر لوله را به دست آورد. قطر لوله در طبقات:

$$d = 5 \times \sqrt{\frac{H}{V}} = 5 \times \sqrt{\frac{H}{1}} \Rightarrow d = 5\sqrt{H}$$

قطر لوله در رایزرها:

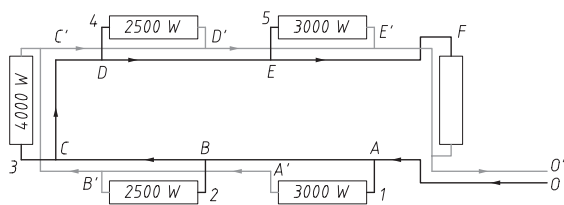
$$d = 5 \times \sqrt{\frac{H}{V}} = 5 \times \sqrt{\frac{H}{1/6}} \Rightarrow d = 4\sqrt{H}$$

مثال ۳: قطر لوله آب ورودی یا خروجی به یک رادیاتور با توان گرمایی ۴۰۰۰ وات چند میلی متر است؟

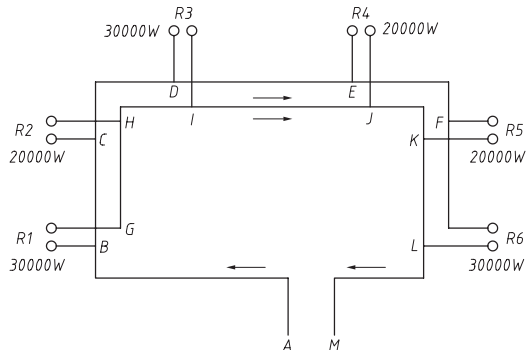
$$H = \frac{4000}{1000} = 4 \text{ KW}$$

$$d = 5\sqrt{H} = 5\sqrt{4} = 10 \text{ mm}$$

پرسش اول: قطر لوله های هر بخش در لوله کشی رادیاتورها در شکل داده شده، مربوط به یک طبقه از ساختمان، چند میلی متر است؟



پرسش دوم: لوله کشی نشان داده شده مربوط به لوله کشی اصلی سیستم گرمایی ساختمان در ورود به رایزرها است. قطر لوله های رفت و برگشت در مسیر و همچنین قطر لوله های هر رایزر چند میلی متر است؟



مثال ۲: با توجه به مثال قبل، قطر داخلی لوله با سرعت آب ۱/۲ و ۲/۴ متر بر ثانیه چند میلی متر است؟

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00048}{3.14 \times 1/2}} = \sqrt{0.00051} \text{ m}$$

$$= 0.0225 \text{ m} = 22.5 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00048}{3.14 \times 1/2}} = \sqrt{0.00051} \text{ m}$$

$$= 0.0159 \text{ m} = 15.9 \text{ mm}$$

عدد به دست آمده قطر داخلی لوله است و ممکن است قطرهای به دست آمده در بازار وجود نداشته باشد. در این صورت می توانیم لوله هایی با یک سایز بالاتر را به کار بگیریم.

روش دیگر برای به دست آوردن تقریبی قطر لوله روش بار گرمایی است. یعنی اینکه ما با داشتن بار گرمایی هر بخش قطر لوله مربوط به آن بخش را به دست آوریم. برای این کار باید سرعت آب در لوله را به صورت پیش فرض در نظر بگیریم.

همان طور که گفته شد سرعت پیشنهادی آب در لوله ها برابر است با:

- بیشینه سرعت آب در طبقات $1/2 \text{ m/s}$ که فرض ما در اینجا 1 m/s می باشد.

- بیشینه سرعت آب در رایزرها و لوله های اصلی $2/4 \text{ m/s}$ که فرض ما در اینجا $1/6 \text{ m/s}$ می باشد.

با توجه به این فرض ها یک بار دیگر معادله قطر لوله را می نویسیم:

$$d = \sqrt{\frac{4q_v}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 1000000 \times H}{50 \times 1000 \times \pi V}} =$$

$$\sqrt{\frac{4 \times 1000000 \times H}{50 \times 1000 \times \pi V}} = (5) \sqrt{\frac{H}{V}}$$

در معادله بالا:

$H = \text{kW}$ بار گرمایی محل مورد نظر

$V = \text{m/s}$ سرعت آب در لوله

$d = \text{mm}$ قطر لوله

ارزشیابی پایان فصل ۳

سؤالات چند گزینه‌ای

۱- کدام یک واحد اندازه‌گیری طول در سیستم IP نیست؟

- (۱) فوت (۲) یارد (۳) دسی متر (۴) اینچ

۲- فرمول محاسبه محیط یک قطعه دایره‌ای کدام است؟

(۱) $U = \pi \times d$ (۲) $U = d \times \alpha$ (۳) $U = \frac{\pi}{d}$ (۴) $U = \frac{d}{\alpha}$

۳- محیط تاج دایره از کدام رابطه به دست می‌آید.

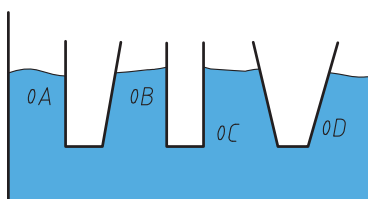
(۱) $U = 4 \times L$ (۲) $U = 2 \times (L + b)$ (۳) $U = (\pi d + \pi D)$ (۴) $U = \pi \times \frac{(d + D)}{2}$

۴- ۱۵۰۰ لیتر چند دسی متر مکعب است؟

- (۱) ۱/۵ (۲) ۱۵ (۳) ۱۵۰ (۴) ۱۵۰۰

۵- حجم یک مکعب که طول هر ضلع آن 2ft^2 می‌باشد، چند سانتی متر مکعب است؟

- (۱) ۷۰/۶۲ (۲) 0.1056×10^2 (۳) ۵۶۶۴۱ (۴) 70.62×10^6



۶- به نظر شما فشار در نقاط D و C و B و A در شکل زیر چگونه است؟

- (۱) $PB < PA < PC = PD$ (۲) $PB > PA < PC = PD$ (۳) $PB > PA > PC > PD$ (۴) $PB < PA > PC > PD$

۷- فشارسنج، فشار درون ظرف زودپز را ۱ atm نشان می‌دهد. فشار مطلق آن چند اتمسفر است؟

- (۱) ۱ (۲) ۱/۵ (۳) ۲ (۴) ۲/۵

۸- در صورتی که در یک جدار از ماده‌ای با قابلیت هدایت گرمایی کمتری استفاده نماییم.....

- (۱) مقدار گرمای انتقال یافته افزایش می‌یابد. (۲) مقدار گرمای انتقال یافته کمتر می‌شود.
(۳) مقدار گرمای انتقال یافته تغییری نمی‌کند. (۴) مقدار گرمای انتقال یافته نصف می‌شود.

۹- جهت انتخاب پکیج کدام یک از عوامل زیر مؤثر نمی‌باشد؟

- (۱) توان گرمایی (۲) مقدار آب گرم مورد نیاز (۳) نوع دودکش (۴) تعداد نفرات

۱۰- کدام یک از عبارات زیر در تعیین قطر لوله صحیح نیست؟

- (۱) قطر لوله کوچک تر باعث صدا در لوله کشی می شود. (۲) قطر لوله بزرگ تر باعث کاهش صدا در لوله کشی می شود.
(۳) قطر لوله کوچک تر هزینه پمپاژ را افزایش می دهد. (۴) قطر لوله بزرگ تر سایش بیشتری ایجاد می کند.

جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

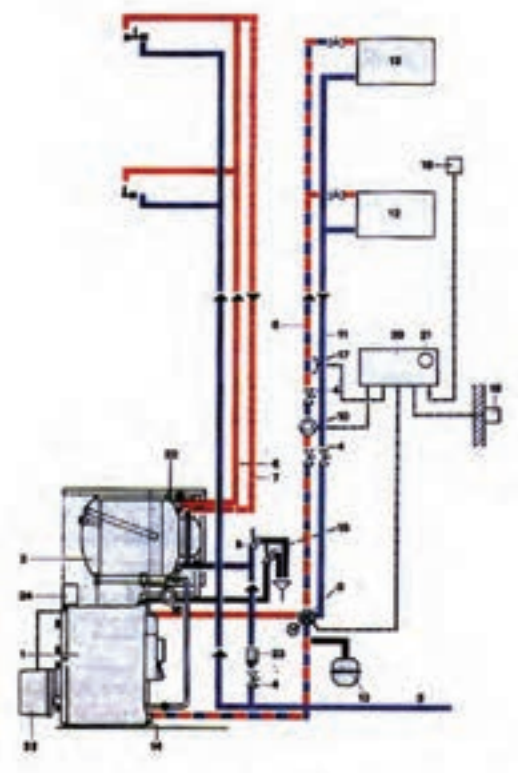
- در اجسام جامد انتقال گرما به روش انجام می شود.
- انتقال گرما از سطح اطراف رادیاتور به محیط اتاق به وسیله انجام می شود.
- یکای بار گرمایی در سیستم SI است.
- قطر دودکش مناسب برای پکیج گرمایشی می باشد.

جملات صحیح یا غلط را مشخص کنید.

- احتراق ناقص زمانی صورت می گیرد که اکسیژن کافی برای سوخت فراهم نگردد.
- هرچه ضخامت جدار افزایش یابد انتقال گرما از طریق هدایت نیز افزایش می یابد.
- گرما کمیتی است که میزان گرمی یا سردی اجسام را نشان می دهد.
- فشاری که گنج اندازه گیری می کند یک فشار نسبی است.

فصل چهارم

سیستم‌ها و دستگاه‌ها



هدف از این فصل آشنایی هنرجویان با انواع سیستم‌های حرارت مرکزی، انواع شیرها و کاربرد آنها می‌باشد.

سیستم‌های تولید آب گرم

برای تهیه آب گرم سیستم گرمایشی ساختمان از دو روش استفاده می‌کنند.

- ۱- سیستم مستقل
- ۲- سیستم مرکزی

۲-۴- سیستم مستقل

این سیستم معمولاً نمونه کوچک شده سیستم مرکزی می‌باشد. پکیج گرمایی نمونه‌ای از این سیستم می‌باشد و در واقع یک موتورخانه کوچک است که قسمت‌های مربوط به دیگ، مشعل، منبع کویل‌دار

و پمپ را در داخل خود و در سایز کوچک شده دارا می‌باشد و می‌تواند آب گرم مورد نیاز سیستم گرمایشی ساختمان و سیستم مصرفی را به طور مستقل تولید نماید.

انواع پکیج گرمایی

از نظر محل نصب پکیج‌های گرمایشی در انواع دیواری و زمینی ساخته و به بازار عرضه می‌شوند، استفاده از پکیج برای فضاهایی که نیاز به کنترل رطوبت دارند مناسب نیست، ظرفیت پکیج‌های زمینی از ۱۶ کیلووات تا حدود ۱۱۰ کیلووات و دیواری از ۲۴ تا ۳۵ کیلووات تولید می‌گردد.



نمونه پکیج زمینی



نمونه پکیج دیواری

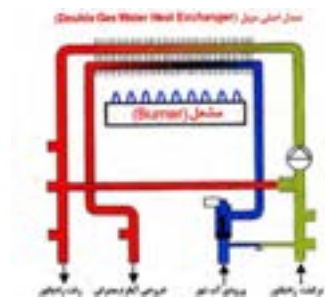
از نظر تعداد مبدل پکیج‌ها به تک مبدل و دو مبدل دسته‌بندی می‌شوند. پکیج‌های تک مبدل با توجه به طراحی خود دارای یک مبدل حرارتی بوده که هم وظیفه گرمایش آب گرم مصرفی و هم مدار گرمایشی ساختمان را برعهده دارد.

در پکیج‌های دو مبدل ساختار به این گونه است که یک مبدل وظیفه تولید آب گرم برای مدار گرمایش را دارد و مبدل دیگر (مبدل ثانویه) وظیفه تأمین آب گرم مصرفی را برعهده دارد.

مقایسه پکیج‌های دو مبدل و تک مبدل

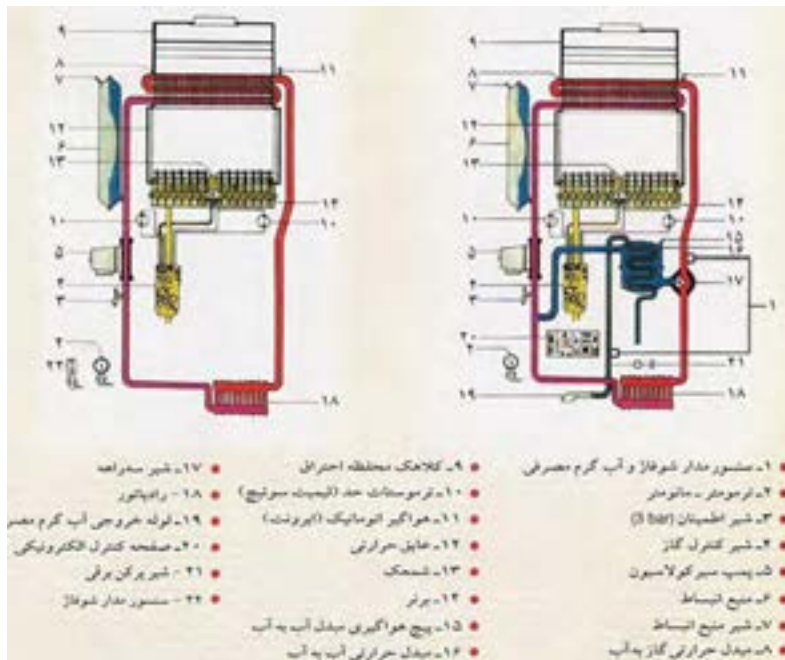


پکیج تک مبدل



پکیج دو مبدل (رسوب‌گیری کمتر)

اجزای تشکیل دهنده پکیج گرمایشی دیواری فن دار



در مورد اجزای تشکیل دهنده انواع پکیج تحقیق نموده و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

تحقیق



سیستم های حرارت مرکزی

نصب بخاری در هر اتاق برای ساختمان هایی که اتاق های زیادی دارند مشکلات زیادی از نظر بهره برداری، نگهداری و کیفیت کار پیش می آورد. در چنین ساختمان هایی باید سیستم های حرارت مرکزی ایجاد شود. در این سیستم، گرما در محلی به نام موتورخانه یا اتاق مکانیکی تولید شده، توسط سیال واسطه ای جذب و به اتاق های مختلف هدایت می شود. این سیال واسطه، ممکن است آب، بخار آب و یا هوا باشد. بنابراین سیستم حرارت مرکزی در سه نوع: حرارت مرکزی با آب گرم، حرارت مرکزی با بخار آب، حرارت مرکزی با هوای گرم است.

مزیت ها و محدودیت های استفاده از پکیج گرمایشی یکی از محدودیت های استفاده از پکیج در مسیره های طولانی است که به دلیل افت فشار مسیر در سیستم گرمایشی احتمال آنکه سیستم پمپ جوابگو نباشد وجود دارد. پکیج های گرمایشی این قابلیت را به سیستم گرمایش ساختمان اضافه می کنند که کلیه واحدهای یک ساختمان می توانند شرایط دمای هوا و آب گرم واحد را به طور دلخواه و مستقل از دیگر واحدها تنظیم کنند. بنابراین همه مصرف کنندگان، از شرایط محیطی خود که به کمک پکیج قابل تنظیم است رضایت خواهند داشت.

همچنین در سیستم گرمایش یا پکیج، با کم شدن مسیر لوله کشی آب گرم مصرفی و شوفاز و همچنین حذف نیاز به پمپ کردن آب گرم مصرفی در شوفاز، از اتلافات گرمایی در مسیر و هزینه برق مصرفی پمپ کاسته می شود.

که برای راهبری و نگهداری صحیح سیستم ضرورت دارند.

مخزن گازوئیل برای نگهداری گازوئیل مصرفی در زمان خاصی از سال، مخزن گازوئیل روزانه، مخزن انبساط بسته، مخزن انبساط باز، مخزن آب گرم مصرفی از لوازم ضروری و جانبی یک سیستم حرارت مرکزی هستند.

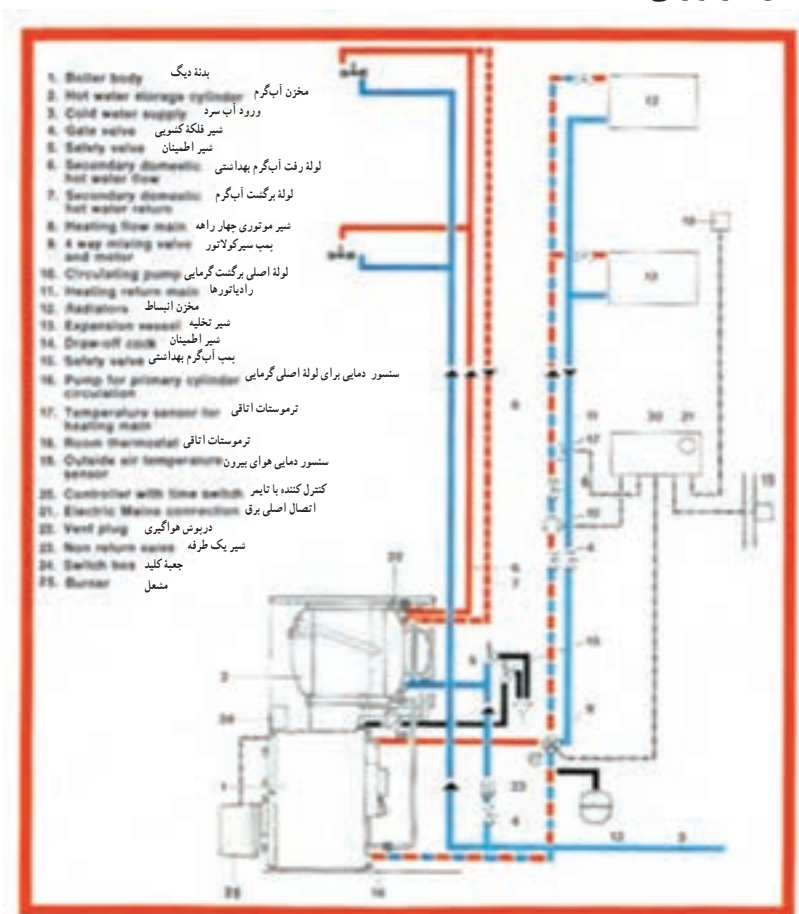
نمایش اجزای سیستم

در شکل زیر، نمایش اجزای یک سیستم حرارت مرکزی با آب گرم را مشاهده می کنید. در فصل های آینده به بررسی اجزای مختلف یک سیستم حرارت مرکزی و محاسبات و روش انتخاب دستگاه های آن خواهیم پرداخت.

معمولاً از سیستم پمپی استفاده می شود. به وسیله سیستم انتقال آب گرم، آب با حجم ثابتی پیوسته بین دستگاه های تولید کننده و پخش کننده گرما در گردش است. آب، گرمای از دست داده خود در پخش کننده را از دستگاه تولید کننده آب گرم به دست می آورد.

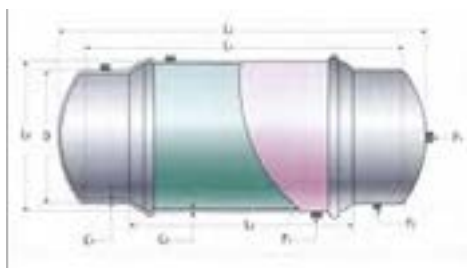
دستگاه های مولد آب گرم: که شامل انواع مشعل و دیگ آب گرم است. گرمای حاصل از احتراق سوخت توسط مشعل به آب درون دیگ انتقال یافته، موجب گرم شدن آب عبوری داخل دیگ می شود.

نشان دهنده ها و کنترل کننده ها: نشان دهنده هایی مانند «ترمومتر» و «مانومتر دیگ» سطح نمای «مخزن گازوئیل» و آب نمای «مخزن انبساط» و کنترل هایی مانند «ترموستات دیگ»، «ترموستات جداری»، «ترموستات اتاقی»، «شیر اطمینان» و «رله مشعل» از لوازمی هستند



اجزای مختلف یک سیستم
حرارت مرکزی با آب گرم

۱- مخزن دوجداره: این مخزن دارای دو محفظه جدا از هم است. آب گرم دیگ در جداره خارجی جریان داشته و در اثر تبادل گرما آب سرد جداره خارجی را گرم می‌کند.



۲- مخزن کویلی: در این نوع مخازن آب گرم دیگ داخل یک کویل مسی جریان می‌یابد و آب سرد درون مخزن را گرم می‌کند این مخازن در دو نوع افقی و ایستاده ساخته می‌شوند.



مخزن کویلی افقی

مخزن کویلی ایستاده

۳- مبدل صفحه‌ای



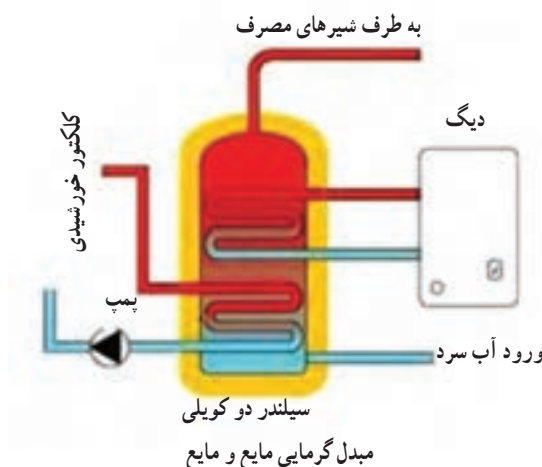
مبدل گرمایی (Heat Exchanger)

«مبدل گرمایی دستگاهی است که برای انتقال گرما از یک سیال (گاز یا مایع) به سیال دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.» البته ممکن است بین این دو سیال یک سطح ثابت جامد وجود داشته باشد (مانند آب گرم کن) یا بدون واسطه سیال‌ها با یکدیگر در تماس باشند (مانند کولر آبی) در این بخش به مبدل‌هایی که بین آنها یک سطح ثابت جامد وجود دارد اشاره می‌کنیم.

دسته‌بندی مبدل‌ها: مبدل‌ها را می‌توان از جهات گوناگون دسته‌بندی نمود که در این بخش به اختصار از نظر ۱- نوع سیال، ۲- شکل ظاهری، ۳- جهت جریان، به آن اشاره خواهد شد.

۱- **نوع سیال در مبدل:** مبدل‌ها با توجه به نوع سیال در دو طرف جدار سه‌گونه‌اند.

الف) مبدل مایع و مایع: در این نوع مبدل در هر دو طرف سطح مایع وجود دارد. انتقال گرما در این نوع مبدل‌ها بالا است. در شکل، دو کویل که به‌طور مجزا (دو مبدل) از دیگ آب گرم یا جمع‌کننده آب گرم سیستم خورشیدی تغذیه می‌شود نشان داده شده است. در داخل مخزن نیز آب سرد مصرفی وارد و آب گرم مصرفی خارج می‌شود.



از انواع دیگر این نوع مبدل‌ها که در تأسیسات گرمایی کاربرد زیادی دارند می‌توان به این موارد اشاره نمود:

در شکل زیر یک آب گرم کن می بینید که سیستم پیش گرم کن دارد و آب سرد قبل از اینکه وارد آب گرم کن شود دور دودکش پیچیده شده است تا گرمای گاز حاصل از احتراق را بگیرد. در این سیستم دمای آب ورودی بالا رفته و در نتیجه بازدهی سیستم بالاتر می رود.



مبدل گرمایی (پیش گرم کن) گاز به مایع

ب) مبدل گاز و مایع: در این مبدل یک سیال گاز و سیال دیگر مایع می باشد. در شکل، یک آب گرم کن زمینی که مبدل گاز به مایع می باشد نشان داده شده است.



یک مبدل گاز به مایع (آب گرم کن زمینی)

گرماده یا پخش کننده ها

گرماده یا پخش کننده ها نیز یک مبدل گرمایی هستند که کمتر تحت این عنوان شناخته می شوند. مانند رادیاتور، یونیت هیتر، فن کویل و ...



آلومینیومی



پنلی



رادیاتور پره فولادی



کنوکتور



یونیت هیتر



فن کویل



قرنیزی

پ) مبدل گاز و گاز:

در این مبدل هر دو سیال گاز می‌باشند. برای مثال کاربرد آن را می‌توان در دود خروجی کارخانه دید که هوای اطراف دودکش را گرم می‌نماید.

۲- شکل ظاهری مبدل گرمایی: به لحاظ شکل ظاهری، مبدل‌های گرمایی را می‌توان به چند گروه عمده دسته‌بندی نمود که تعداد آنها در زیر آمده است:
الف) مبدل لوله‌ای: در این سیستم دو سیال در داخل دو لوله هم مرکز جریان دارد.



مبدل لوله‌ای

ب) مبدل پره‌دار: در این نوع مبدل برای افزایش راندمان بر روی لوله‌ها پره (فین) نصب می‌کنند.



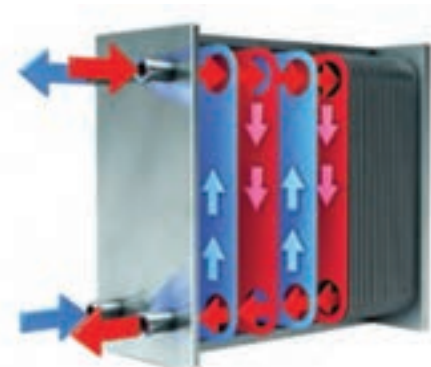
مبدل پره‌دار

پ) مبدل پوسته و لوله: در این نوع مبدل لوله‌ها در داخل یک پوسته قرار دارند. در داخل لوله یک سیال و در داخل پوسته سیال دیگر در جریان است.

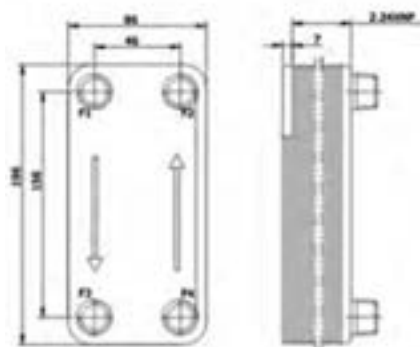


مبدل پوسته و لوله

ت) مبدل صفحه‌ای: از کنار هم قرار گرفتن چند صفحه با فاصله مناسب در کنار هم یک مبدل صفحه‌ای ایجاد می‌گردد.



در شکل، مشخصات ظاهری یک مبدل صفحه‌ای برای تولید آب گرم مصرفی نشان داده شده است همچنین در جدول، سایر مشخصات این مبدل آورده شده است.



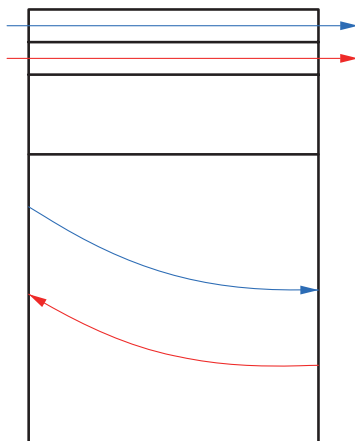
مشخصات ظاهری یک مبدل صفحه‌ای

مشخصات مبدل گرمایی صفحه‌ای

Technical Parameter	
Product name	Braced Plate Heat Exchanger
Product model	A-4A
Unit heat exchanging area	$\alpha \approx 14m^2$
Maximum flowrate	8m ³ /h
plate material	316L or 304 stainless steel
Welding material	99.9% copper
thickness of plate	0.3 mm
Volume per channel	0.022 L
Maximum number of plate	60
Design pressure	1.0MPa-3.0MPa
Test pressure	2.0MPa-4.5MPa
Design temperature	-295~+220
Connections	the biggest screw thread pipe for hot water sides: 1", the biggest screw thread pipe for cold water sides: 1/2"
Refrigeration Capacity	1-6KW
Basic flow disposition	F1-F3 F4-F12
Working Principle	Wall-mounted Blender, Heating Water Heater, Low Temperature Tasting Equipment, Small-sized Refrigeration Equipment, etc.

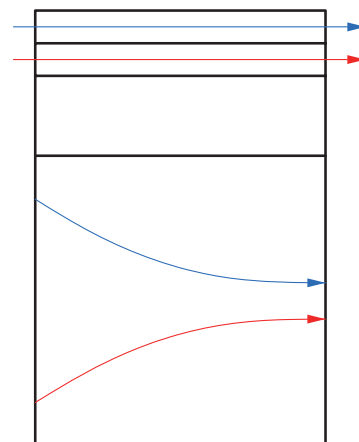
۳- جهت جریان در مبدل: بر این اساس مبدل‌های گرمایی سه دسته می‌شوند:

الف) جریان هم‌جهت: در این نوع مبدل، جهت جریان سیال سرد و گرم موافق یکدیگر می‌باشد. نکته قابل توجه این‌که دمای سیال سرد خروجی از مبدل هیچ‌گاه به دمای سیال گرم خروجی نمی‌رسد ولی به یکدیگر نزدیک می‌شوند و هر چه سطح انتقال گرما بزرگ‌تر باشد این دو دما به یکدیگر نزدیک‌تر شده و در نتیجه راندمان بالاتری به دست می‌آید.



مبدل با جریان مختلف‌الجهت

پ) جریان متقاطع: جریان سیال گرم و سرد در این نوع مبدل‌ها عمود بر یکدیگر است مانند رادیاتور خودرو.



مبدل با جریان هم‌جهت



شیر برنجی

شیرهای برنجی با روکش کرم نیکل: این شیرها که معمولاً در قطرهای پایین و سیستم‌های بهداشتی کاربرد دارند.



شیر برنجی با روکش کرم نیکل

شیرهای چدنی: این شیرها معمولاً در قطرهای ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ) به بالا و از جنس آلیاژ «چدن چکش خوار» برای فشار کارهای مختلف ساخته می‌شوند و در تأسیسات تهویه مطبوع و کارهای صنعتی کاربرد دارند.



شیر چدنی



شیرها وسایلی هستند که برای باز و بسته کردن مسیر، تنظیم دبی، کنترل سطح مایع و تنظیم و کنترل فشار سیالات در مدار لوله‌کشی به کار برده می‌شوند. شیرها را با توجه به نوع اتصال، جنس و کاربرد آنها دسته‌بندی می‌کنند.

انواع شیرها از نظر نوع اتصال

به لحاظ نوع اتصال، شیرها به سه دسته دنده‌ای، فلنجی و جوشی، به شرح زیر، طبقه‌بندی می‌شوند: شیرهای دنده‌ای: که توسط یک فیتینگ دنده‌ای؛ مانند مغزی یا بوشن، به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌شوند.

شیرهای فلنجی: که به وسیله فلنج و پیچ و مهره و به کارگیری واشر (برای آب‌بندی) به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌گردند.

شیرهای جوشی: که کاربرد آنها بیشتر در صنعت تیربرد می‌باشد که با جوش اکسی استیلن به شبکه لوله‌کشی یا دستگاه‌ها متصل می‌شوند.

انواع شیرها از نظر جنس

شیرهای برنجی: این شیرها معمولاً تا قطر ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ) در مصارف عمومی و صنعتی کاربرد دارند.

انواع شیر از نظر کاربرد

شیرها از نظر کاربرد در تأسیسات به سه دسته تقسیم می‌شوند.

الف) شیرهای برداشت (Faucet.tap): این شیرها که در تأسیسات بهداشتی کاربرد دارند، شامل: شیرهای ساده، شیرهای پیسوار، شیرهای مخلوط و شیرهای فشاری (شست‌وشو) می‌باشند که در ادامه هر یک را شرح می‌دهیم.

شیرهای ساده: این شیرها در انواع و اشکال مختلف ساخته می‌شوند و مهم‌ترین آنها شیر کُرْمَه دنباله کوتاه، شیر کُرْمَه دنباله بلند، برنجی معمولی و شیر برنجی با سرشستگی می‌باشد.



شیر مخلوط تو کاسه تک پایه

ب) شیرهای مسیر (valve): این شیرها که در شبکه‌های لوله‌کشی در تأسیسات عمومی، خانگی و صنعتی کاربرد دارند شامل شیر فلکه‌ها (کشویی، بشقابی)، شیر سماوری، شیر تنظیم فشار و شیر یک‌طرفه و به شرح زیر می‌باشند:

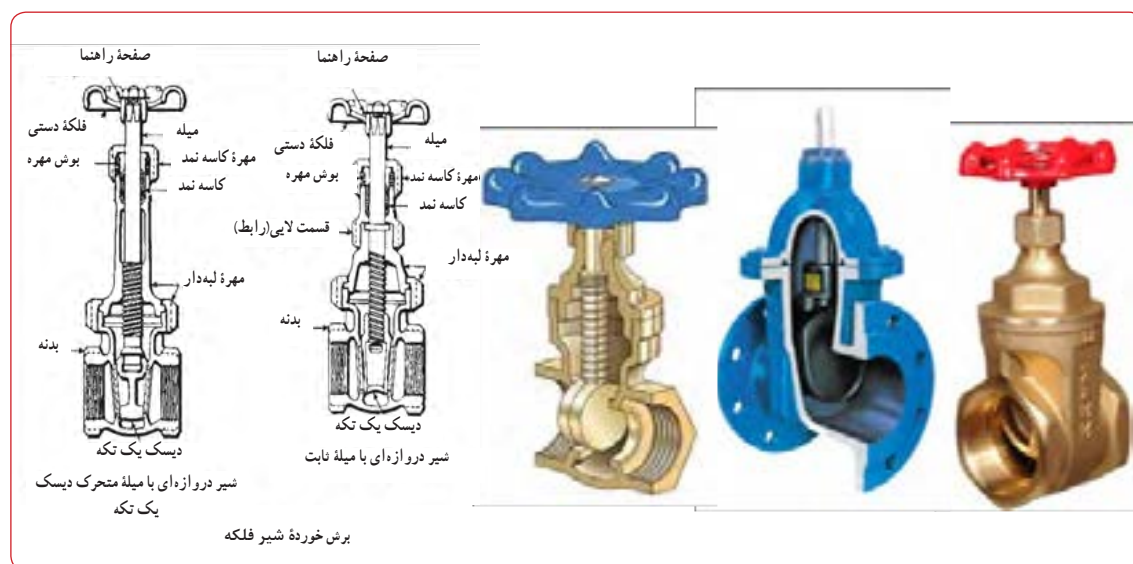
۱- شیر فلکه کشویی (Gatevalves): به‌طور کلی، این شیر از چند قسمت اصلی، یعنی فلکه، میله، دروازه یا دیسک (GATE)، نشیمنگاه و بدنه تشکیل شده است. با باز و بسته کردن این شیر، می‌توان جریان سیالی را در مسیری برقرار و یا آن را قطع کرد. به عبارت دیگر، شیر کشویی شیر کنترل نیست و با آن نمی‌توان مقدار دبی سیال را تنظیم و کنترل کرد و تنها به عنوان یک شیر قطع‌کننده (STOP VALVE) در مدار به کار برده می‌شود.



شیر کُرْمَه سرشستگی

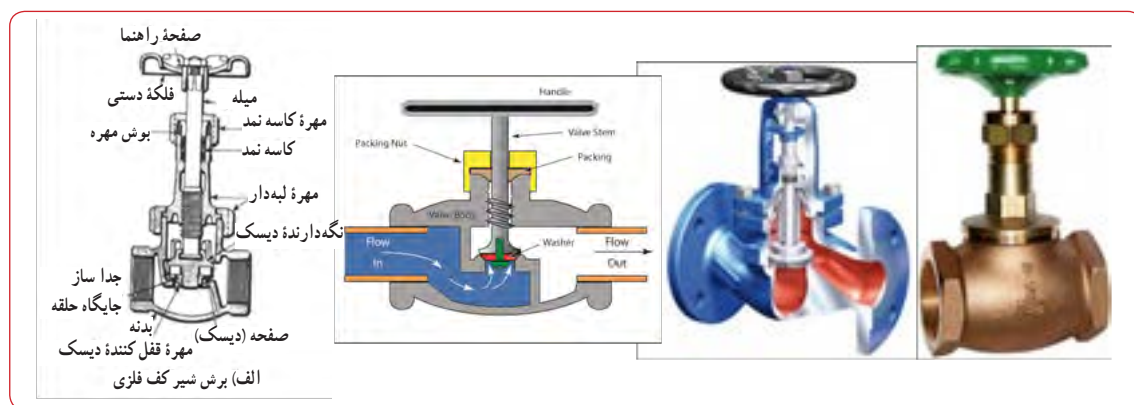


شیر کُرْمَه دنباله بلند



این نوع شیر، به دلیل نوع ساختمان داخلی آن، در مسیر حرکت سیال دوار تغییر امتداد ۹۰ درجه ایجاد می‌شود که این عمل باعث به وجود آمدن مقاومت زیادی در مقابل جریان می‌گردد. بدین جهت، از این شیر می‌توان برای تنظیم افت فشار خط و در نتیجه تنظیم دبی استفاده کرد.

۲- شیر فلکه کف فلزی: (Globe valve) : این شیر نیز به طور کلی از قسمت‌های اصلی فلکه، میله، دیسک، نشیمنگاه و بدنه تشکیل شده است. با باز و بسته کردن این شیر نیز، مانند شیر کشویی، می‌توان جریان سیال را در مسیری برقرار و یا قطع کرد.



به چه دلیل از یک علامت فلش بر روی بدنه شیرهای کف فلزی استفاده می‌گردد؟

بحث کلاسی



شیررادیاتور و شیرقفلی رادیاتور، نمونه‌های دیگری از شیرهای کف فلزی هستند. برای کنترل خودکار درجه حرارت محلی که در آن رادیاتور نصب شده است به جای استفاده از شیر دستی رادیاتور، می‌توان از رادیاتور (شیرترموستاتیکی رادیاتور^۱) استفاده کرد. در شکل، یک شیر ترموستاتیکی و طریقه اتصال آن به رادیاتور و اجزای آن نشان داده شده است.

۳- شیررادیاتور: برای قطع جریان و یا کنترل مقدار جریان آب در رادیاتور، سر راه ورود آب گرم به رادیاتور، شیر مخصوصی به نام «شیر رادیاتور» نصب می‌گردد. شیر رادیاتور در حقیقت یک نوع شیر کف فلزی زاویه‌ای^۱ است. در شکل، یک شیر رادیاتور نشان داده شده است.



یک شیر ترموستاتیکی رادیاتور و روش نصب آن بر روی رادیاتور



یک شیر رادیاتور

۱- Angehe globe Valve

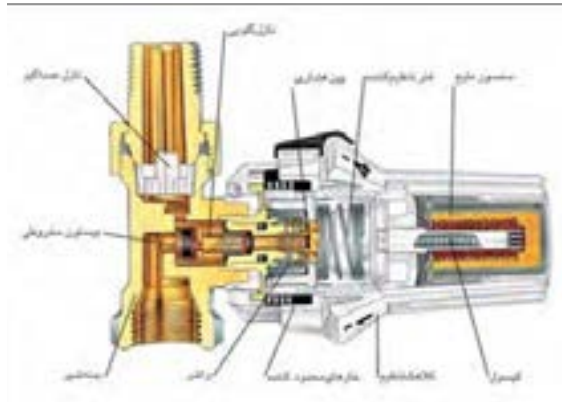
۲- Radiation Thermostatic Valve

(لوله برگشت) را باید بست و سپس اقدام به باز کردن مهره ماسوره‌ها و رادیاتور نمود. تا چند سال پیش، زانوهای رادیاتور فاقد قسمت شیر مانند داخلی بود به همین علت امکان جداسازی یک رادیاتور از شبکه، درحالی‌که بقیه رادیاتورها در حال کار بودند، وجود نداشت.



زانو قفلی رادیاتور

۵- شیرتویی (Ball valve): این شیر یک شیر سریع بازشو (Quick opening) یا سریع بسته شو (Quick Closing) می‌باشد که با یک چهارم دور باز و بسته می‌گردد. از موارد کاربرد این شیر می‌توان در تأسیسات گازرسانی نام برد.

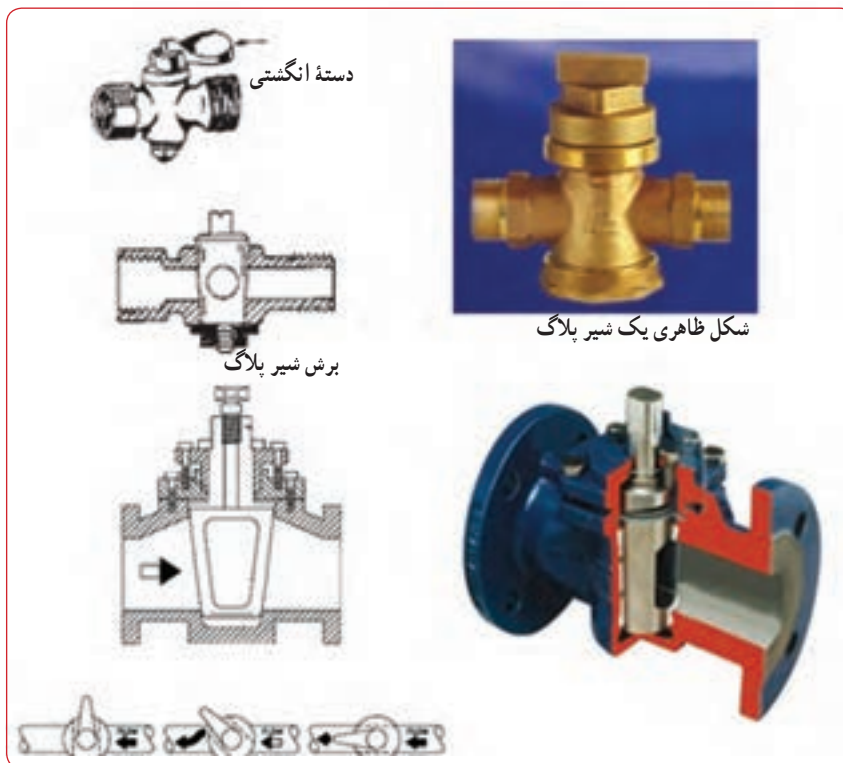


اجزای شیر رادیاتور ترموستاتیکی

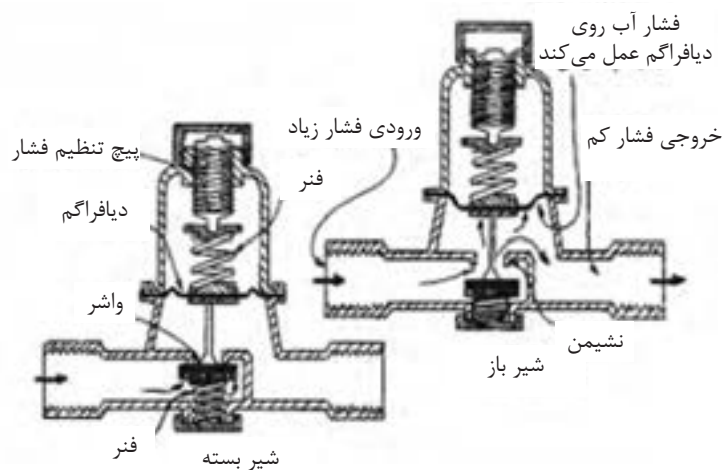
۴- زانو قفلی رادیاتور: بر روی لوله برگشت رادیاتور، زانوی مخصوصی به نام «زانو قفلی» نصب می‌گردد. ساختمان زانو قفلی مانند شیر است و به وسیله آن می‌توان مجرای عبور آب را باز و بسته نمود؛ با این تفاوت که قسمت عمل‌کننده آنکه در زیر درپوش زانو قرار گرفته به وسیله آچار «آلن» باز و بسته می‌شود. باید توجه داشت که هنگام جداسازی رادیاتور از شبکه لوله کشی هم شیر رادیاتور (لوله رفت) و هم زانو قفلی



۶- شیر سماوری (PLUG VALVE): این شیر یکی از قدیمی‌ترین شیرهاست و به دلیل آنکه ساختمان آن شبیه شیر سماور است در بازار ایران به نام «شیر سماوری» شناخته شده و معروف شده است. قسمتی از این شیر که تنظیم‌کننده مقدار جریان است «پلاگ» نامیده می‌شود. در میان پلاگ، مجرای برای عبور جریان پیش‌بینی شده است که در هنگام باز بودن کامل شیر، درست در مقابل سوراخی که در بدنه شیر ایجاد شده است قرار می‌گیرد. این شیر با $\frac{1}{4}$ دور، کاملاً باز و یا کاملاً بسته خواهد شد.



۷- شیر فشارشکن یا شیر تنظیم کننده فشار (PRESSURE REDUCING VALVE):
 اگر میزان آب ورودی به شبکه توزیع آب آشامیدنی، در ساختمان یا قسمتی از آن، بیش از میزان لازم باشد، شیر فشارشکن را روی لوله ورودی نصب می کنند تا اضافه فشار آب، کاهش دهد.
 شکل زیر اجزا و طرز کار شیر فشارشکن را نشان می دهد.



شیر فشارشکن



اجزای داخلی یک نمونه شیر فشار شکن



نمونه‌هایی از شیرهای یک طرفه

پ) شیرهای ایمنی و کنترل: این شیرها به منظور ایجاد ایمنی و کنترل کارکرد دستگاه‌ها در تأسیسات لوله‌کشی آب‌رسانی و گرمایی ساختمان‌ها کاربرد دارند.

۱- شیرهای اطمینان یا شیر رهاکننده^۱: این شیر به محض اینکه فشار و دمای سیستم بخواند از حد تنظیم شده بر روی شیر رهاکننده بالاتر رود، شیر باز می‌شود و با خارج کردن قسمتی از سیال داخل سیستم، فشار و دمای سیستم را تا حد خطر پایین می‌آورد. به این ترتیب، دستگاه‌ها، سیستم و شبکه لوله‌کشی از خطر ترکیدن و یا انفجار محفوظ خواهند ماند. زمانی به اهمیت شیرهای اطمینان بیشتر پی می‌بریم که بدانیم ممکن است در اثر نبودن یک شیر اطمینان مناسب

۸- شیر یک طرفه (CHECK VALVE): این شیر که در ایران با عنوان «شیر خودکار» شناخته می‌شود، از برگشت جریان در جهت عکس جلوگیری می‌کند، به همین جهت آن را یک طرفه می‌نامند. سمت عبور سیال بر روی بدنه شیر مشخص گردیده است که در هنگام نصب باید به آن توجه کرد. شیر یک طرفه در دو نوع بادبزی و سوپاپی ساخته و به بازار عرضه می‌شود. امتداد جریان سیال در داخل شیر یک طرفه بادبزی، مستقیم و مقاومت شیر در مقابل عبور سیال کم است. درحالی‌که سیال در عبور از شیر یک طرفه سوپاپی دو مرتبه تغییر امتداد می‌دهد و به همین علت، افت فشار سیال در این شیر زیاد است. از موارد کاربرد شیر یک طرفه بادبزی، می‌توان به استفاده از آن در لوله‌کشی آب شهر بعد از کنترور، و نیز استفاده از آن در محل اتصال لوله آب سرد به مخازن آب گرم مصرفی اشاره کرد. شکل‌های زیر قسمت‌های مختلف یک شیر یک طرفه سوپاپی و قسمت‌های مختلف یک شیر یک طرفه بادبزی را نشان می‌دهد.



۱- Relief Of Safety Valve



شیر اطمینان حساس به دما و فشار



شیر اطمینان حساس به فشار

بر روی یک دیگ بخار، یا عمل نکردن درست آن شیر یا سایر کنترل‌ها، فشار داخل دیگ به حد خطرناکی برسد و آن دیگ منفجر شود. در این صورت علاوه بر وارد آمدن خسارت‌های مالی چه بسا خسارت‌های جانی نیز به بار آید. بنابراین باید نکات زیر همیشه مورد توجه قرار گیرد.

۱- فشار آزادکننده شیر اطمینان متناسب با فشار کار سیستم انتخاب گردد.

۲- تغییر فشار تنظیم شده بر روی شیر و به عبارت ساده‌تر دستکاری شیر اطمینان به وسیله یک فرد غیرمتخصص مجاز نیست، بلکه کار خطرناکی است.

توجه: تغییر فشار تنظیم شده بر روی شیر، می‌تواند به وسیله یک مهندس با تجربه و ترجیحاً کسی که در این مورد تخصصی داشته باشد انجام پذیرد. شیرهای اطمینان در دو نوع ساخته و به بازار عرضه می‌شوند.

۲- **شیر اطمینان حساس در برابر فشار:** این شیر که اغلب بر روی دیگ‌های بخار، ایستگاه‌های تقلیل فشار، مبدل‌های حرارتی، مخازن هوای فشرده سیستم‌های حرارت مرکزی یا منابع انبساط بسته، نصب می‌گردد، به محض اینکه، به هر علت، فشار داخل سیستم از حد تنظیم شده بر روی شیر اطمینان بالاتر رفت، باز می‌شود و قسمتی از سیال داخل سیستم را تخلیه می‌کند. آنگاه پس از آنکه فشار از حد تنظیم شده بر روی شیر مقداری پایین‌تر رفت بسته خواهد شد.

ت) شیر اطمینان حساس در برابر درجه حرارت فشار: این شیر که اغلب بر روی مخازن آب گرم مصرفی ساختمان‌ها و دیگ آب گرم نصب می‌شود، به دلیل آنکه علاوه بر حساس بودن در مقابل فشار در مقابل افزایش درجه حرارت نیز حساس است از نوع اولی مطمئن‌تر می‌باشد. هرگاه این شیر تحت تأثیر فشار با درجه حرارتی بالاتر از مقدار تنظیم شده بر روی آن، قرار گیرد باز می‌شود و تا زمانی که عامل بازکننده شیر (فشار و یا درجه حرارت اضافی) از میزان تنظیم شده بر روی شیر پایین‌ترود همچنان باز خواهد ماند و تنها زمانی بسته می‌شود که این عامل از حد تنظیم شده پایین‌تر برود.

۳- **شیر شناور (فلوتر) (FLOAT VALVE):** این شیر برای تنظیم سطح مایع در مخازن نصب می‌شود، یکی از متداول‌ترین موارد مصرف این شیر استفاده از آن در مخازن انبساط باز سیستم‌های حرارت مرکزی و تهویه مطبوع، کولرهای آبی، مخزن فشاری توالی و مخازن زمینی ذخیره آب است.

طرز کار: طرز کار شیر به این صورت است که هرگاه سطح آب در داخل محل مورد نظر پایین باشد، شناور مربوط به شیر پایین قرار می‌گیرد و شیر مربوط باز خواهد شد و همزمان با بالا آمدن سطح آب، شناور نیز که یک گوی تو خالی معمولاً مسی و یا پلاستیکی



شیر برقی



اجزای شیر برقی

۶- شیر دو راهه و سه راهه موتوری فن کویل: شیرهای دو راهه و سه راهه موتوری فن کویل در سیستم‌های کنترل فن کویل‌ها جهت کنترل میزان دبی آب عبوری از کویل گرم و سرد به کار گرفته می‌شوند که در نهایت موجب کنترل دقیق دمای محیط و صرفه جویی انرژی می‌شود.



شیر سه راهه موتوری فن کویل

است بالا می‌آید و سر دیگر اهرم متصل به این گوی، تدریجاً صفحه شیر را به طرف نشیمنگاه آن حرکت داده، باعث می‌گردد دبی خروجی از شیر مرتباً کم شود و زمانی که سطح آب داخل محل مورد نظر به سطح تنظیم شده قبلی برسد شناور، به وسیله اهرم متصل به شیر، جریان آب را قطع خواهد کرد.



شیر شناور

۴- کلید شناور (Float Switch): برای کنترل سطح مایع داخل یک مخزن، به طور مثال کنترل سطح گازوئیل در داخل مخزن روزانه، از کلید شناور استفاده می‌شود.

این کلید دارای یک گوی شناور است که در مخزن روزانه، بر روی سطح گازوئیل قرار گرفته، همراه آن بالا و پایین می‌رود، این گوی به وسیله یک سیستم مکانیکی قابل تنظیم، کلیدی را قطع و یا وصل می‌کند. زمانی که سطح گازوئیل از حد تنظیم شده پایین تر رفت، کلید وصل شده، پمپ گازوئیل پس از روشن شدن، گازوئیل را وارد مخزن روزانه می‌کند. با بالا آمدن سطح گازوئیل و رسیدن آن تا حد لازم، کلید قطع شده، پمپ خاموش می‌شود.



شیر کنترل سطح

۵- شیر برقی (Solenoid Valve): از این نوع شیرها عموماً جهت کنترل جریان سیال استفاده می‌شود و با توجه به نوع سیال در انواع مختلف ساخته می‌شوند.

هواگیری استفاده می‌شود. به طور کلی این شیرها یا بر روی خطوط لوله و یا روی تجهیزات و دستگاه‌ها نصب می‌شوند.



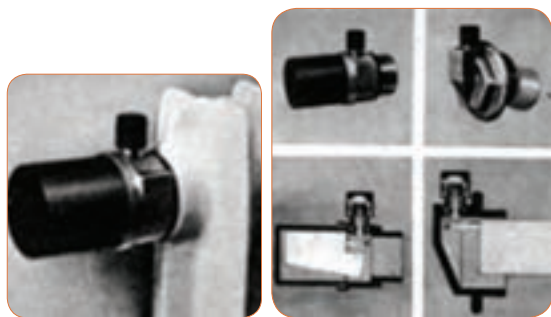
شیر هواگیری رادیاتور (دستی) شیر هواگیری خودکار



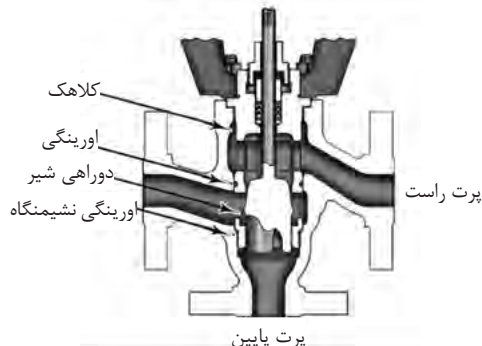
کار کلاسی

بهترین محل نصب شیر هواگیری روی رادیاتور یا سیستم لوله کشی کدام قسمت است؟

در ساختمان نوع خودکار شیرهای هواگیری، از شناسایی متصل به یک سوزن استفاده شده است؛ در صورت وجود هوا در محفظه شیر، شناور و سوزن متصل به آن پایین آمده، مجرای خروج هوا باز می‌شود، با خارج شدن هوا و ورود آب به محفظه، شناور بالا آمده، به وسیله سوزن مجرا بسته می‌شود. استفاده از این شیرها به دلیل گرانی، آب‌بندی نشدن و چکه کردن آب از آنها متداول نشده است. در شکل، دو نمونه از این شیر نشان داده شده است.



دو نمونه شیر هواگیری خودکار رادیاتور



کاربرد شیر دو راهه و سه راهه موتوری برای فن‌کویل‌ها

شیرهای دو راهه موتوری جهت کنترل مقدار گذر آب در فن‌کویل‌هایی استفاده می‌شود که قطع و یا کم شدن (بسته شدن شیر) مقدار جریان عبوری آب در آن نقطه از سیستم که موجب بالا رفتن فشار در کل سیستم می‌شود، مشکلی برای عملکرد دیگر اجزای سیستم مانند پمپ‌ها به وجود نیاورد. بنابراین در سیستم‌هایی که بر اساس مقدار گذر ثابت سیال و فشار ثابت طراحی شده‌اند و یا ادوات کنترلی برای ثابت نگه داشتن فشار و مقدار گذر وجود ندارد نمی‌توان از شیر دو راهه موتوری فن‌کویل استفاده نمود.

شیرهای سه راهه موتوری فن‌کوئیلی جهت کنترل مقدار گذر آب در فن‌کویل‌هایی استفاده می‌شود که بر اساس فشار و مقدار گذر ثابت آب در کل سیستم طراحی شده‌اند چرا که شیرهای سه راهه با بستن و یا کم کردن دبی در مسیر رفت سیال، امکان عبور همان مقدار آب را از طریق مسیر برگشت به سیستم می‌دهد و در نتیجه فشار و مقدار گذر کل سیستم ثابت می‌ماند. به طور کلی در صورتی که تنها از ساده‌ترین و ارزان‌ترین نوع شیرهای سه راهه موتوری فن‌کویل استفاده شود حداقل ۳۰٪ در انرژی مصرفی فن‌کویل‌ها صرفه جویی می‌شود، چرا که در زمانی که فن‌کویل خاموش است، جریان آب در حال گردش در فن‌کویل‌ها مانند رادیاتوری بزرگ در زیر سقف‌های کاذب عمل می‌کنند.

۷- شیر هواگیری: جهت تخلیه هوای داخل سیستم لوله کشی و یا دستگاه‌ها در زمان آب‌اندازی از شیرهای

ارزشیابی پایانی فصل اول

سؤالات چهارگزینه‌ای

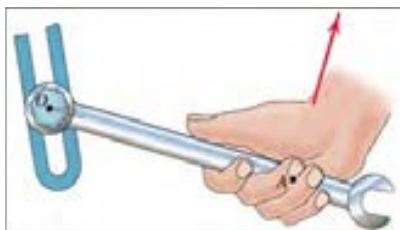
- ۱- کدام یک از لوازم زیر آب را به طور مستقیم گرم نمی‌کند؟
 (۱) آب گرم کن دیواری (۲) آب گرم کن زمینی (۳) مبدل گرمایی (۴) دیگ آب گرم
- ۲- حداقل و حداکثر دمای سیستم های حرارت مرکزی با دمای متوسط بین می باشد.
 (۱) $175^{\circ}\text{C} - 120$ (۲) $230^{\circ}\text{C} - 176$ (۳) $120^{\circ}\text{C} - 100$ (۴) $90^{\circ}\text{C} - 80$
- ۳- کدام یک مبدل گاز و مایع می باشد؟
 (۱) مخزن دوجداره (۲) آب گرم کن زمینی (۳) مخزن کویلی (۴) مبدل صفحه‌ای
- ۴- کدام یک از شیرهای زیر جزء شیرهای مسیر است؟
 (۱) مخلوط (۲) فشاری (۳) شناور (۴) یک طرفه
- ۵- جهت قطع آب مسیر برگشت رادیاتورها از کدام نوع شیر استفاده می شود؟
 (۱) زانو قفلی (۲) پیسوار (۳) فلکه (۴) برقی
- ۶- جهت جلوگیری از افزایش فشار سیستم مخازن آب گرم از چه نوع شیر استفاده می کنند؟
 (۱) فلوسوئیچ (۲) فلوترسوئیچ (۳) سیفتی ولو (۴) سلونوئید ولو

در جای خالی کلمات مناسب قرار دهید.

- در روش آب گرم به کمک سطح حرارتی گرم شده توسط سیال واسط تولید می شود.
- در سیستم این امکان وجود دارد که شرایط دمای هوا و آب گرم واحد به طور دلخواه تنظیم شود.
- برای تنظیم دبی از شیرهای فلکه استفاده می شود.
- بر روی دیگ های آب گرم از شیر اطمینان استفاده می شود.

فصل پنجم

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل



چگونه می‌توان سفتی و استحکام آنها را زیاد کرد؟



به نظر شما ابزارها و قطعات روبه‌رو از نظر هندسی چه شباهتی دارند؟ در این فصل پاسخ خود را می‌یابید و خواهید دانست چگونه می‌توان استحکام قطعات را بالا برد.

آیا قطعات و سازه‌های مکانیکی خراب می‌شوند و می‌شکنند؟

قطعات و سازه‌ها در هنگام استفاده از آنها به مرور زمان دچار خرابی و شکست می‌شوند. در شکل زیر نمونه‌هایی از خرابی و شکست را مشاهده می‌کنید.

آنها در یک چیز مشترک هستند؟ خرابی



خرابی و شکست قطعات



دلایل احتمالی خرابی و شکست قطعات نشان داده شده در شکل صفحه قبل را در گروه خود بررسی نمایید؟
به نظر شما کدام دلیل عامل بیشتر خرابی های قطعات نشان داده شده در شکل می باشد؟

.....

.....

.....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت اند از:

طراحی نامناسب آنها

وجود مشکل در جنس و مواد به کار رفته در آنها

مشکل به وجود آمده در هنگام سوخت

خرابی محیطی

استفاده نادرست از آنها

فرسودگی



به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه ها که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید چیست؟

.....

.....

.....

.....



چگونه می توان از بروز خرابی ها در قطعات جلوگیری نمود؟

.....

.....

.....

.....

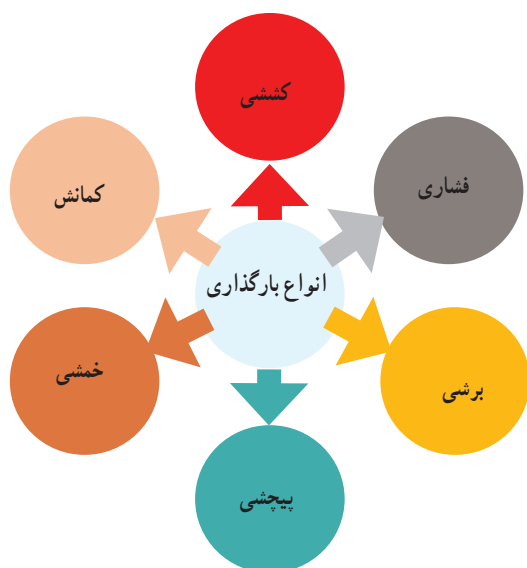
چرا قطعات و سازه‌ها خراب می‌شوند؟ هنگام استفاده از قطعات و سازه‌ها قطعات به روش‌های گوناگون خراب می‌شوند.

- خوردگی
- خستگی
- بارگذاری و نیروی بیش از حد
- بارگذاری ایجادکننده نوسانات بزرگ - تشدید
- استفاده نادرست از آنها
- سایش

فعالیت



در مورد روش دیگر خرابی قطعات بحث و گفت‌وگو نمایید؟



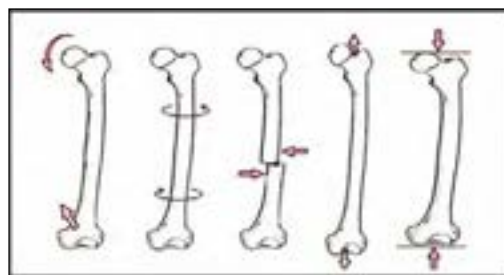
انواع بارگذاری بر روی قطعات

وقتی قطعه‌ای خراب است یعنی اینکه نمی‌تواند کاری که از آن خواسته شده است را به‌درستی انجام دهد. وقتی که می‌گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابه‌جایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل شکست، مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و غیره.

بارگذاری و نیروهای وارده بر روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاورهای مختلفی بر روی قسمت‌های مختلف آنها وارد می‌شود. این بارگذاری‌ها به شکل‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد. نیروها همچنین می‌توانند محوری یا عرضی بر قطعه در جهت‌های مختلف وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه بایستی در مقابل این نیروها و بارگذاری‌ها هنگامی که به‌صورت آرام یا به‌صورت ضربه و یا به‌صورت پی‌درپی اعمال می‌شود از خود

مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های مختلفی تشکیل شده است، که تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار می‌گیرد. برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری کششی، بارگذاری فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می‌گیرد.



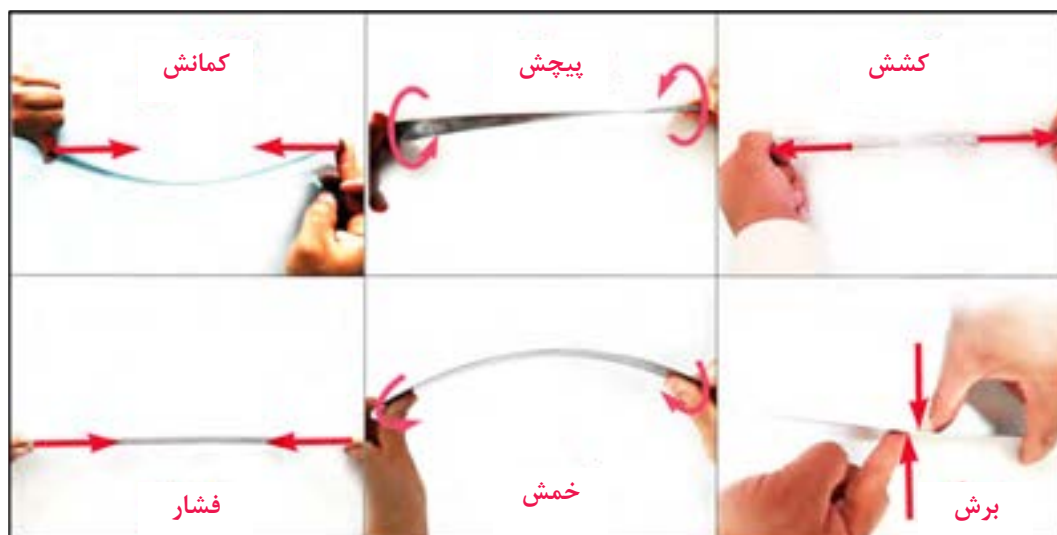
انواع بارگذاری‌ها بر روی استخوان

جلوه‌های آفرینش

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌ها وظایف گوناگونی دارند. حفاظت از اندام‌هایی مانند مغز، قلب، شش‌ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان نیز بر پایه اسکلت و استخوان‌ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد. شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان‌ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان‌ها به مرور کمتر و در بزرگسالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیشترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد. طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پاست. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد. کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کمتر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند، اما ۷۵ درصد آنها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو بر روی آنها متفاوت است. در هر نوع از بارگذاری بیش‌ازحد بر روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.



با استفاده از یک خط کش فلزی، انواع بارگذاری‌ها را بر روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی خط کش در هر نوع بارگذاری توجه نمایید. بارگذاری می‌تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط کش، عمود بر خط کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود (شکل زیر).



انواع بارگذاری بر روی خط کش فلزی

پرسش:

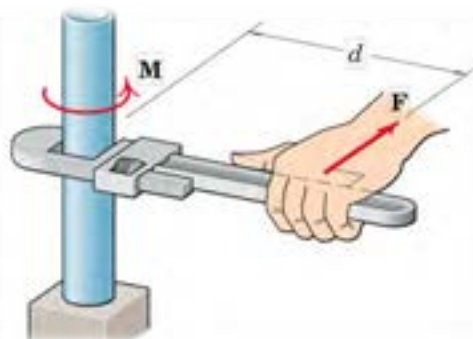
در کدام نوع از بارگذاری خط کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید؟

در فعالیت انجام شده بارگذاری اعمال شده از دو یکا نیرو نیوتن (N) و یکا گشتاور نیوتن متر (N.m) بخش تشکیل شده است:

۱- وارد نمودن نیرو

۲- وارد نمودن گشتاور

است. به صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به صورت زیر نشان می‌دهند. به d بازوی گشتاور می‌گویند.



علائم گشتاور و نیرو



حداکثر گشتاوری که شما می‌توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی بر روی یک میله وارد کنید حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که می‌توانید یک طناب را بکشید چند نیوتن است (هریک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است)؟



همان‌طور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت‌هایی دارد. تحقیق کنید با استفاده از چه ابزارها و وسایلی که خود نیازمند تأمین انرژی نیستند می‌توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر نمود؟

$$\text{گشتاور هر} = ۲ \times ۱۵۰ (N) \times ۰/۲۵ (m) = ۷۵ (N.m)$$

آچار $\times ۲ = \text{گشتاور کلی}$

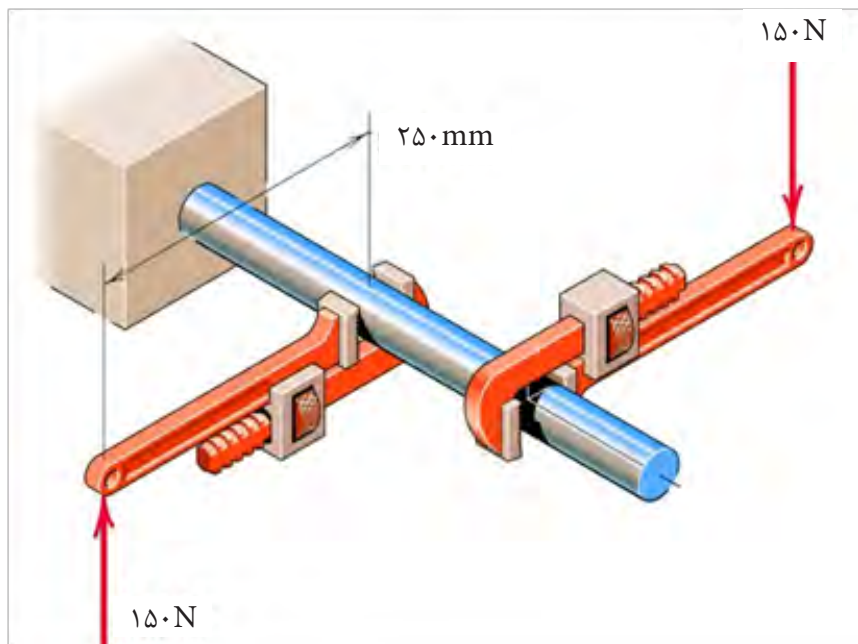
جهت گشتاور کلی در جهت عقربه‌های ساعت است.

مثال: در شکل صفحه قبل دو آچار شلاقی یکسان

بر روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار

۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارده به میله را

برحسب نیوتن متر به دست آورید.

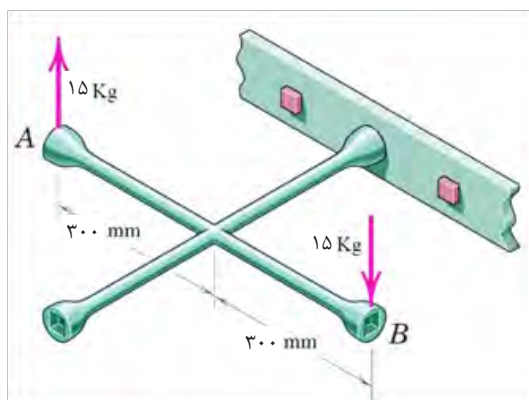


وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

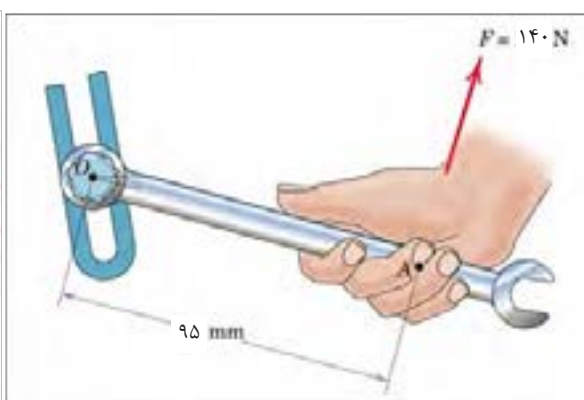


گشتاور وارده به پیچ در نقطه O را در شکل زیر بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

گشتاور وارده به پیچ را در شکل چپ بر حسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.



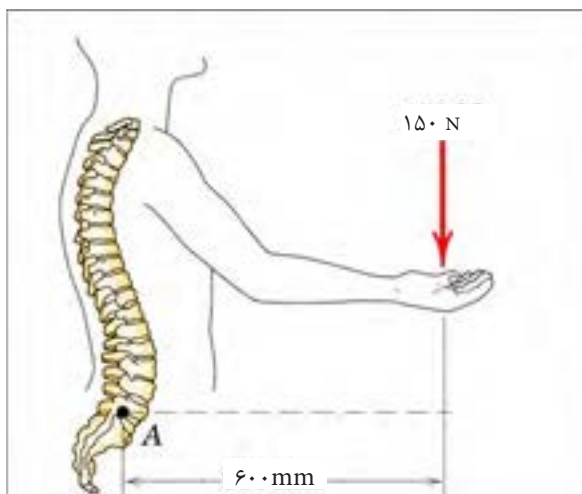
وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ



وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار



در شکل زیر گشتاور وارده به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همچنین همان گونه که مشاهده می کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هرچه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط بدن و دست ها چگونه است و چرا بایستی به آن شیوه، بار را بلند کرد؟



گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست ها



برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودرو نشان داده شده در شکل، ۱۰ کیلوگرم - متر لازم است. محاسبه کنید مقدار حداکثر نیروی وارده بر حسب نیوتن توسط دست بر روی آچار چرخ تا پیچ باز شود.



باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

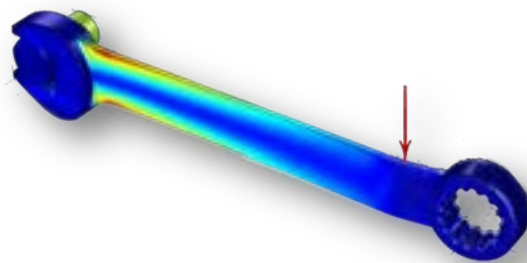
.....

.....

الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

- ۱- اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می‌گردد؟
- ۲- اگر نیرو بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۳- اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟

همان‌طور که تجربه کردید بر روی قطعات انواع بارگذاری وارد می‌شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت از آن بحرانی و حساس باشد و نیرو و گشتاور در آن بیشتر از نقاط یا قسمت‌های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل زیر قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید؟



قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری



مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل زیر باز کنید. یک سمت آن را در دست خود محکم بگیرید. با انگشت دست دیگر به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت‌های زیر را در نظر بگیرید (شکل زیر):



آزمایش بارگذاری بر روی یک مفتول گیره کاغذ

جلوه آفرینش

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (Dragonfly) با طول حداکثر $\frac{3}{8}$ سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است. چراکه سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با هم‌نوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلايدر یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا مفتول شکست؟ طراحی بدن هر پرنده‌ای کاری بسیار سخت و پیچیده است!



حشره آسیابک

پس از انجام آزمایش، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
۱- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول کم باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

۲- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

۳- اگر نیرو وارد شده به سر مفتول زیاد باشد و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟

قطعه اگر پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است. و در زمانی که قطعه به حالت خود برنگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه پلاستیک (موم‌سان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود می‌گویند شکست اتفاق افتاده است.



انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

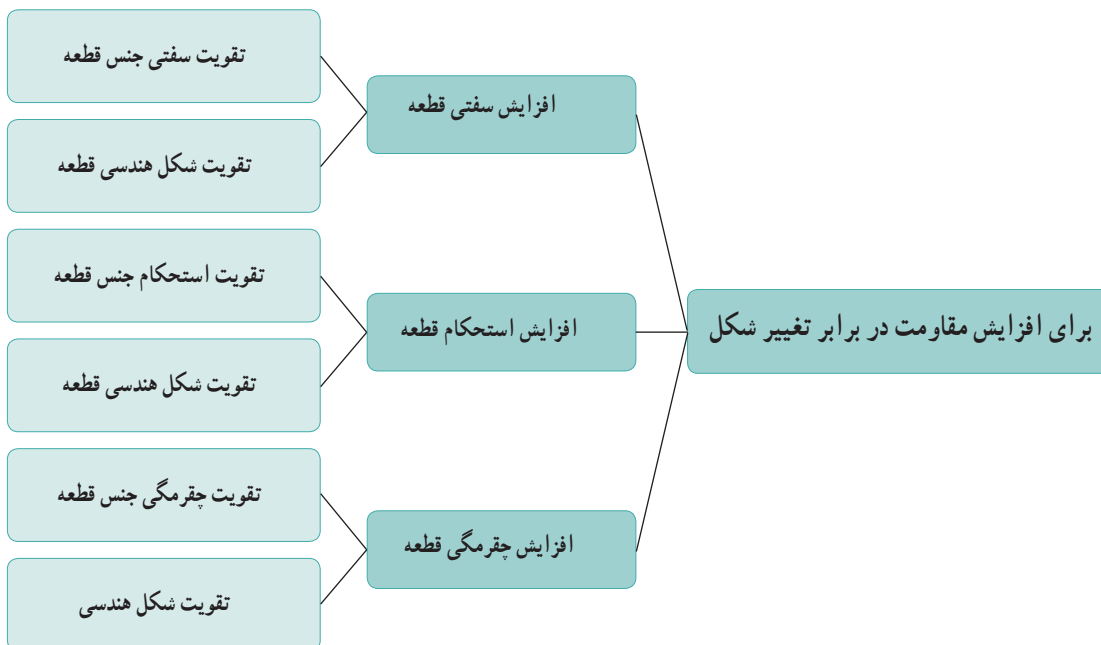
بیشتری تحمل کند قبل از اینکه تغییر شکل دائمی بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود آن قطعه مستحکمتر است. **چقرمگی:** مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه تر است.

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه برای جابه جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز باشد، آن قطعه سفت تر است. **استحکام:** مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی قرار دهید؟ به نظر شما کدام سفت تر، مستحکم تر و چقرمه تر است؟

هوشمندانه می توان قطعات و سازه ها را به گونه ای ساخت که بار و نیروی بیشتری تحمل نمایند. ۳- استفاده از تکیه گاه و ایجاد شرایط مناسب: وجود تکیه گاه های خوب سبب می شود که قطعات نیروی بیشتر تحمل کنند. در نمودار زیر روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:

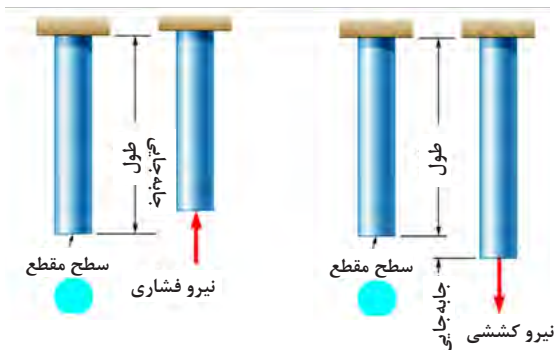
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:
۱- استفاده از جنس مناسب: انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.
۲- شکل هندسی مناسب: با استفاده از شکل های



نمودار روش های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری خواهد بود (شکل زیر). همان طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود باز می‌گردند.



بارگذاری کششی و فشاری

سفتی قطعه در بارگذاری کششی: جابه‌جایی انتهای یک میله که تحت بارگذاری کششی الاستیک قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع و سفتی جنس میله رابطه عکس دارد. هرچه سطح مقطع میله بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود.

$$\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع} = \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{جابه‌جایی در بارگذاری محوری}}$$

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها کمتر است.

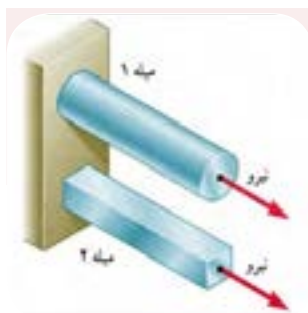
سفتی فولاد < سفتی مس < سفتی آلومینیوم
به‌طور معمول سفتی فولاد از بیشتر فلزات بیشتر است. نام دیگر سفتی جنس مواد، ضریب کشسانی و الاستیک است.

استحکام قطعه در بارگذاری کششی: نیروی وارده به یکا سطح را تنش می‌گویند هرچه نیرو بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش بیشتر می‌گردد. هرچه تنش کششی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود.

$$\text{تنش کششی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه بیشتر از استحکام کششی جنس شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام کششی به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه تقویت شکل هندسی است تا تنش در قطعه کم شود. برای اینکه یک میله در برابر نیروی کششی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع میله را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع میله بیشتر باشد در مقابل نیروی کششی یا فشاری مقاوم‌تر است. مقاومت قطعاتی که به‌صورت کششی یا فشاری بارگذاری شده‌اند، نوع شکل سطح مقطع روی آن تأثیری ندارد. مقدار استحکام کششی جنس فلزات مختلف با یکدیگر متفاوت است.

استحکام کششی فولاد < استحکام کششی مس < استحکام کششی آلومینیوم



در شکل زیر دو میله از جنس فولاد تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند کدام یک بیشتر کشیده می‌شوند؟ در گروه خود بحث نمایید.

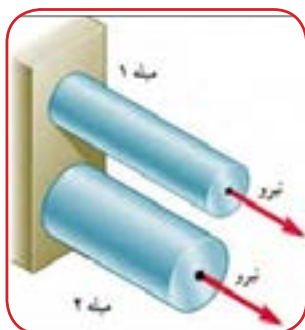
بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

فعالیت





در شکل زیر دو میله از جنس فولاد با سطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است؟ (طول میله‌ها برابر است).



بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی
با طول و جنس یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

نمونه‌ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی که دارای سطح مقطعی که به صورت برشی بارگذاری شده است مستقل از شکل مقطع است (شکل زیر).

اگر بار اعمال شده سبب بریدن قطعه شود، بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می‌افتد. قیچی کردن



بارگذاری برشی

اگر تنش برشی در یک قطعه بیشتر از استحکام برشی جنس قطعه شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام برشی جنس‌های مختلف در قطعه متفاوت است. پس برای افزایش استحکام یک قطعه بایستی تنش را کم کنیم. برای اینکه یک پیچ یا قطعه در برابر نیروی برشی مقاوم باشد بایستی سطح مقطع پیچ را افزایش دهیم. یعنی هرچه سطح مقطع پیچ بیشتر باشد در مقابل نیروی برشی مستحکم‌تر است. استحکام قطعاتی که به صورت برشی بارگذاری شده‌اند، شکل مقطع روی آن تأثیری است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت است.

استحکام قطعه در بارگذاری برشی: نیروی برشی وارده به یک سطح را تنش برشی می‌گویند هرچه نیروی برشی بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد تنش برشی بیشتر می‌گردد. هرچه تنش برشی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود. برای نمونه اگر در شکل فوق، قطر پیچ کوچک‌تر و نیرو ثابت باشد، تنش برشی بیشتر خواهد بود.

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام **استحکام برشی فولاد < استحکام برشی مس < استحکام برشی آلومینیوم** قطعه در برابر بارگذاری برشی بیشتر خواهد بود.

فعالیت



با توجه به شکل زیر در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن گیر و دم باریک بحث و گفتگو کنید. به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به درستی از آنها استفاده نشده است؟

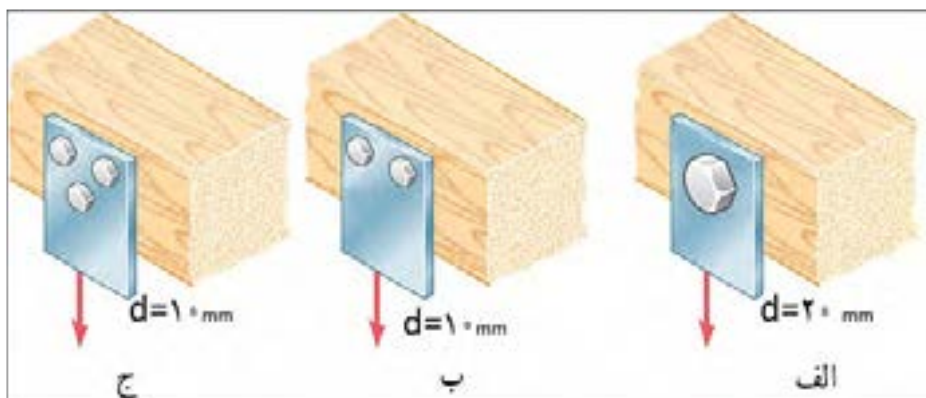


لبه‌های برنده خراب شده در ناخن گیر و دم باریک

فعالیت



در شکل زیر یک تسمه فولادی توسط چند پیچ از یک جنس بر روی یک دیوار چوبی محکم پیچ شده است. به نظر شما برای یک نیروی برشی ثابت کدام حالت از اتصال در برابر نیروی برشی مستحکم‌تر است و پیچ‌ها دیرتر بریده می‌شوند. در گروه خود بحث کنید.



اتصالات چند روش اتصال تسمه به دیوار چوبی تحت بارگذاری برشی

فعالیت

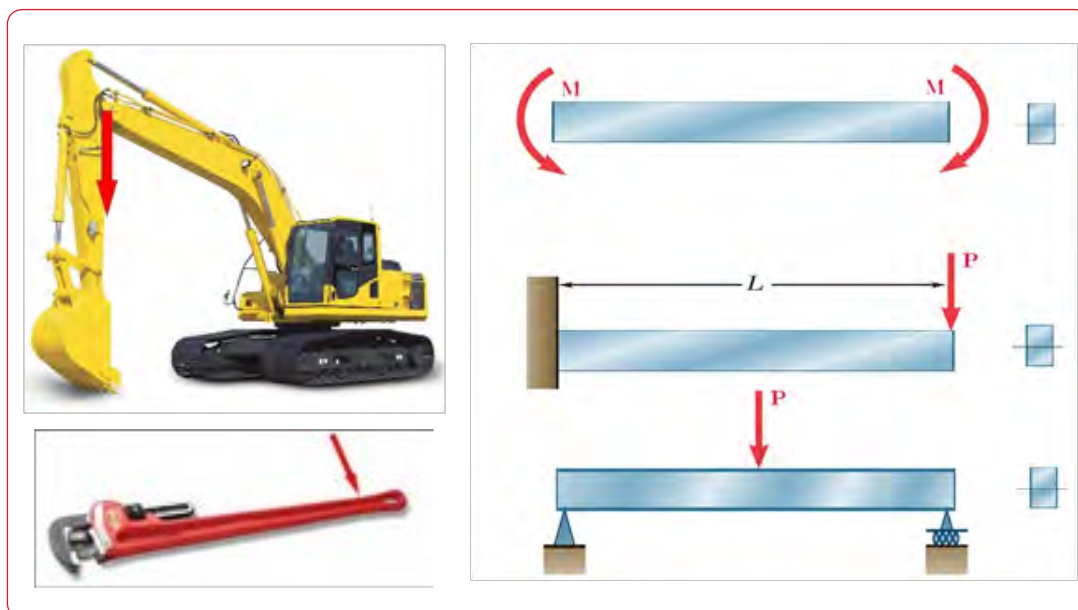


با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارده یکسان تنش برشی وارده به کدام یک بیشتر است؟ کدام یک راحت‌تر بریده می‌شود؟ چرا؟
همین کار را برای دو مفتول با قطر یکسان و جنس متفاوت (مس و فولاد) انجام دهید؟ تنش برشی کدام یک بیشتر خواهد بود؟ کدام یک زودتر بریده خواهد شد؟ چرا؟

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

خم کردن خط کش نشان داده شده است. یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از خط کش مانند انتهای آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن خم می‌شود. سطح مقطع تیر و محور خمش نیز در شکل نشان داده شده است.

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری خمشی بود. خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای



انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

با استفاده از روش‌های نشان داده شده در شکل فوق بر روی خط کش فلزی بارگذاری خمشی انجام دهید؟

دو کاغذ A4 را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

۱- کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



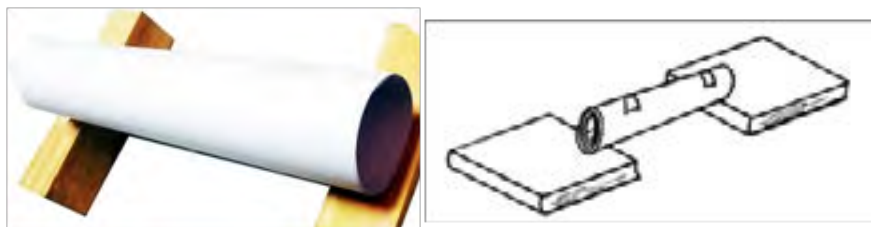
فعالیت



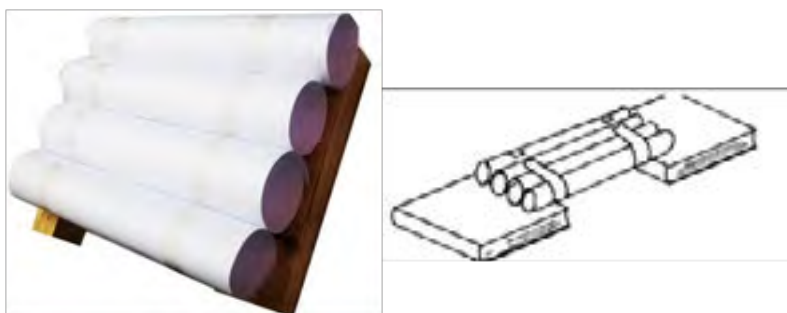
فعالیت



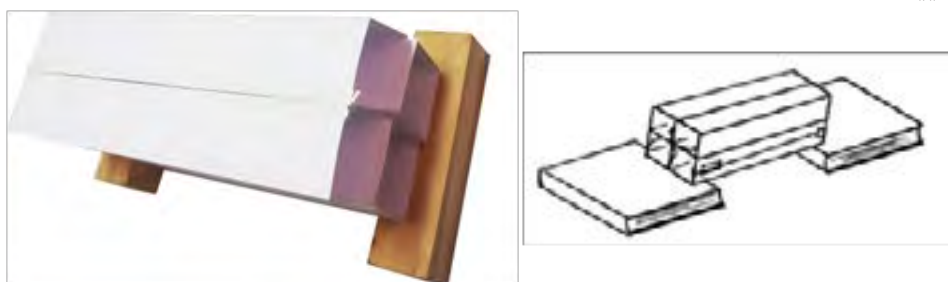
۲- کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



۳- کاغذها را تک تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



۴- کاغذها را تک تک به شکل قوطی در آورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.



پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

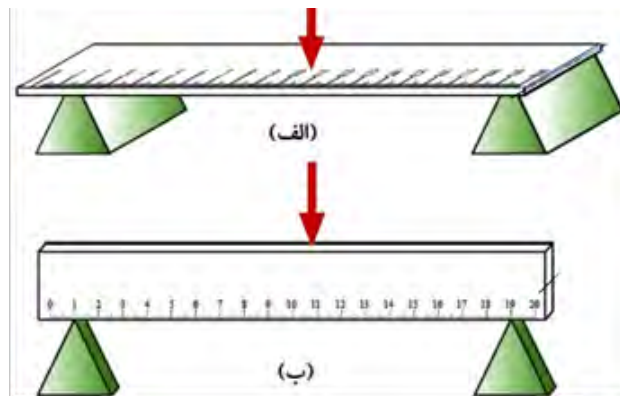
۱- وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

۲- استحکام کدام قطعه و سازه کاغذی که شما آزمایش کردید در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

۳- اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟



با استفاده از خط کش فلزی بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید؟ استحکام خمشی خط کش فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت خط کش به سختی خم می شود؟ (راهنمایی به سطح مقطع خط کش توجه کنید. شکل زیر)

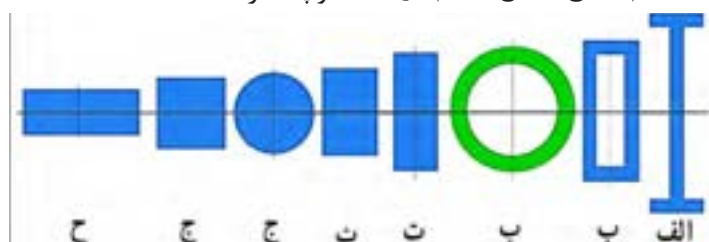


بارگذاری خمشی بر روی خط کش در دو جهت

همان طور که در آزمایش مشاهده کردید با اینکه سطح مقطع خط کش در دو حالت یکسان است اما استحکام خمشی خط کش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است. دلیل آن این است که ممان اینرسی سطح مقطع خط کش، حول محور خمش در حالت (ب) بیشتر از حالت (الف) است.

ممان اینرسی چیست؟

ممان اینرسی عامل مقاوم در مقابل خمش می باشد و هرچه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور خمش دورتر باشد، ممان اینرسی بیشتر است. به شکل زیر توجه کنید، تمام سطح مقطع جسم در اشکال با هم برابر است. یعنی همه مساحت ها یکسان هستند ولی ممان اینرسی حول محور افقی در شکل الف که شبیه به I است از ممان اینرسی بقیه شکل ها بیشتر است. همچنین ممان اینرسی شکل (ح) از همه کوچک تر است.

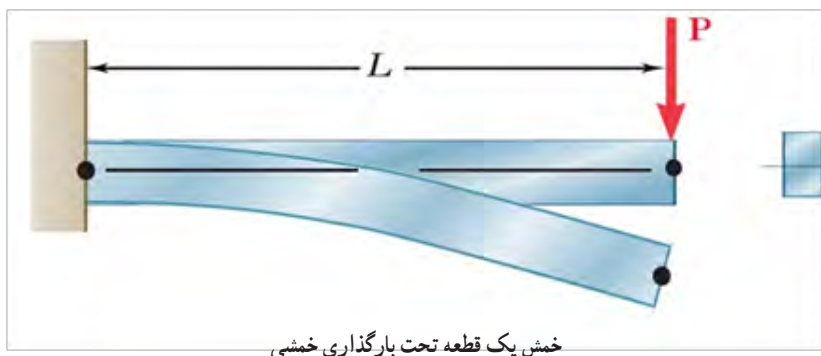


انواع سطح مقطع در خمش

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع ها در حول محور افقی (محور جدید) ممان اینرسی بیشتری دارند؟ در گروه خود بحث کنید؟



سفتی قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش فشرده می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای یک قطعه یا یک تیر بالای جسم کشیده و پایین جسم



خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

توسط یک تکه ابر بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشرده‌گی ذرات را ترسیم نمایید.

فعالیت

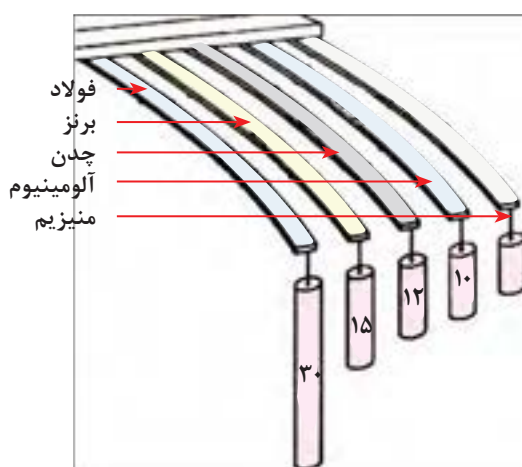


نیرو \propto طول^۳ \propto جابه‌جایی در خمش
سفتی جنس \times ممان اینرسی
هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر شکل آنها در مقابل خمش کمتر و سفتی قطعه بیشتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.

در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابه‌جایی و طول قطعات در شکل زیر، بحث و گفتگو نمایید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید؟

فعالیت



جابه‌جایی قطعات در بارگذاری خمشی



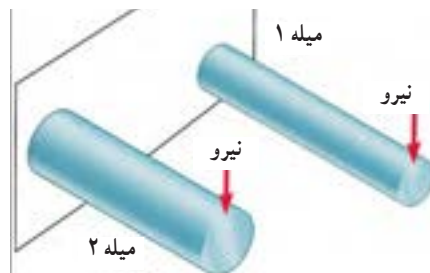
استحکام قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش در یک قطعه، بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود. لذا به بالای جسم تنش کششی و به پایین جسم تنش فشاری اعمال می‌شود. اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه در هنگام خمش بیشتر از استحکام کششی یا فشاری شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. همان‌طور که قبلاً گفته شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه بایستی در هنگام خمش، کاهش تنش است. برای این کار بایستی ممان اینرسی قطعه حول محور خمش

را افزایش دهیم. یعنی هرچه ممان اینرسی بیشتر باشد، قطعه در مقابل خمش مستحکمتر است.

گشتاور
ممان اینرسی \propto تنش در قطعه هنگام خمش

اگر وزن و طول قطعه‌ای ثابت باشد، سطح مقطع به شکل I، در بارگذاری خمشی در یک جهت بیشترین استحکام را دارا است (به قطعات نشان داده شده در شکل اول فصل مراجعه کنید). اگر بارگذاری خمشی در چند جهت باشد دایره توخالی بهترین استحکام خمشی را دارد. این موضوع را در آزمایش با کاغذها تجربه کردید.

دو مفتول فلزی هم جنس را به طول ۲۰ سانتی‌متر که دارای قطرهای مختلف و توپر هستند به یک گیره ببندید، و آن را بارگذاری خمشی کنید، کدام یک دارای استحکام خمشی بالاتر هستند؟ همین کار را برای دو مفتول هم جنس، هم وزن، هم طول با ممان اینرسی متفاوت انجام دهید. استحکام کدام یک بیشتر است؟

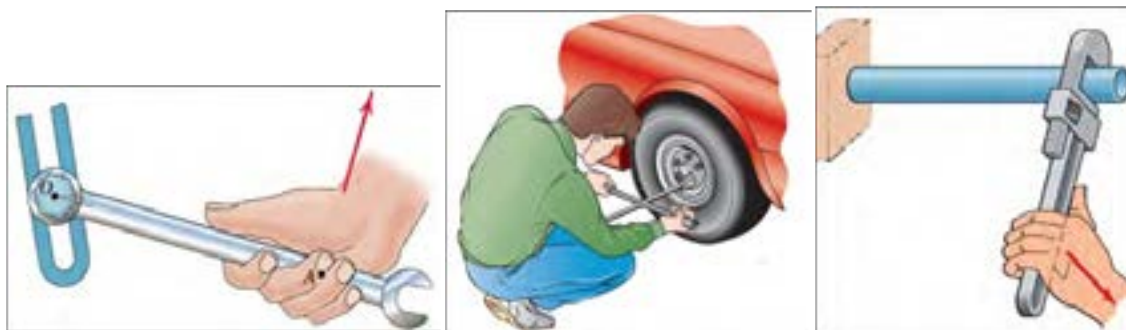


بارگذاری خمشی دو میل به جنس و طول یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط کش فلزی تجربه کردید بارگذاری پیچشی است.

خط کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری پیچشی می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای پیچاندن قطعه خط کش نشان داده شده است.



روش‌هایی برای پیچاندن قطعه



با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط کش فلزی را دچار پیچش نمایید و سپس شکل های آنها را ترسیم نمایید؟

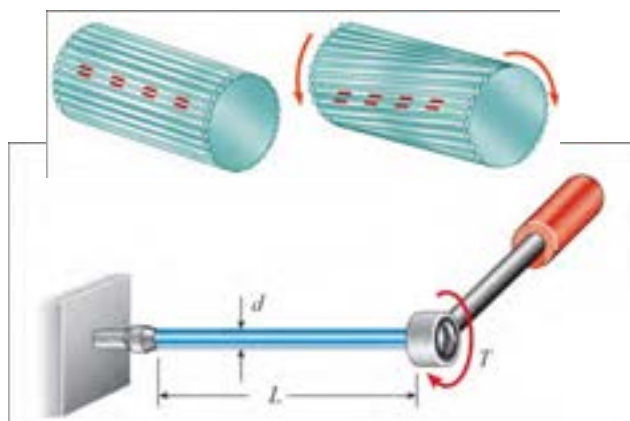
ممان اینرسی قطبی چیست؟

ممان اینرسی قطبی عامل مقاوم در مقابل پیچش است و هرچه ذرات تشکیل دهنده جسم در سطح مقطع نسبت به محور دوران دورتر باشد، ممان اینرسی قطبی بیشتر است. برای اینکه استحکام قطعه در مقابل پیچش بیشتر باشد بایستی ممان اینرسی قطبی



الف ب
ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

سفتی قطعه در بارگذاری پیچشی: هنگامی که قطعه ای تحت بارگذاری پیچشی قرار می گیرد، ذرات جسم حول محور خود دوران می کنند و جابه جا می شوند. انواع بارگذاری برای ایجاد پیچش در جسم وجود دارد.



پیچش در یک قطعه

به شکل بالا نگاه کنید. زاویه پیچشی یا جابه جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد، با نیرو و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی قطبی و سفتی برشی جنس قطعه (که به آن

صلابت هم گفته می شود) رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگتر باشد برای یک نیروی ثابت جابه جایی کمتر می شود و قطعه در مقابل پیچش سفت تر است.

شکل آنها در مقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای جابه‌جایی باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

سفتی برشی فولاد > سفتی برشی مس > سفتی برشی آلومینیوم

$$\frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}} \propto \text{زاویه در پیچش}$$

هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد جابه‌جایی و تغییر

سه خط‌کش چوبی، فلزی و پلاستیکی ۳۰ سانتی با سطح مقطع یکسان را تحت پیچش قرار دهید. برای جابه‌جایی ۴۵ درجه کدام یک نیروی بیشتری لازم است؟

فعالیت



گشتاور پیچشی
ممان اینرسی قطبی
 \propto تنش در قطعه هنگام پیچش
هرچه ممان اینرسی قطبی بیشتر باشد استحکام پیچشی قطعه بالاتر خواهد بود. برای نمونه اگر دو لوله توپر و توخالی با اندازه یکسان اگر دارای وزن و جنس یکسان باشند، استحکام پیچشی لوله توخالی بیشتر است.

استحکام قطعه در بارگذاری پیچشی: بارگذاری

پیچشی سبب ایجاد تنش برشی در جسم می‌شود. اگر تنش برشی وارده به جسم به استحکام برشی برسد قطعه دچار خرابی می‌شود. فلزات و مواد مختلف دارای استحکام برشی جنس متفاوت هستند. هرچه استحکام برشی جنس بالاتر باشد استحکام پیچشی نیز بالاتر خواهد بود.

یکی از مواردی که هنگام کار با آن مواجه می‌شویم بریدن پیچ اتصالات است. به نظر شما کدام عامل سبب بریدن پیچ می‌شود؟ (شکل راست)
الف) وارد کردن گشتاور بیش از حد مجاز به پیچ
ب) پایین بودن ممان اینرسی قطبی
ج) پایین بودن تنش برشی مجاز به دلیل جنس قطعه

فعالیت



در سیستم انتقال قدرت در خودرو، جهت انتقال حرکت از موتور به چرخ‌های عقب از میل‌گاردان استفاده می‌شود. میل‌گاردان تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد. تحقیق کنید که سطح مقطع میل‌گاردان دارای چه شکلی است و جنس آن از چیست؟ (شکل چپ)

تحقیق کنید



میل‌گاردان بارگذاری پیچشی را برای انتقال گشتاور تحمل می‌نماید.

یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی

ارزشیابی پایان فصل:

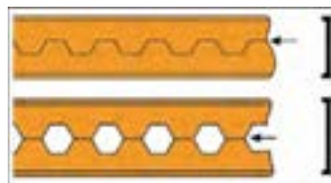
تمرین: در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه‌حلی پیشنهاد می‌نمایید؟



تمرین: اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری بر روی پاشنه کدام کفش بیشتر است، احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌باشد؟



تمرین: از روش‌های تولید تیرهای آهنی برش و جوش کاری تیر آهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیر آهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟



همان‌طور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل فیوزها نقش حفاظتی از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند. یعنی اینکه اگر برق بخواد به قطعه‌ای صدمه وارد کنند، فیوز از این کار محافظت می‌کند و خود را قربانی می‌کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می‌شود تا نیرو و گشتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین‌های برشی از این جمله هستند. شما همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می‌کنند تا به آنها صدمه نزنند. تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

تحقیق کنید

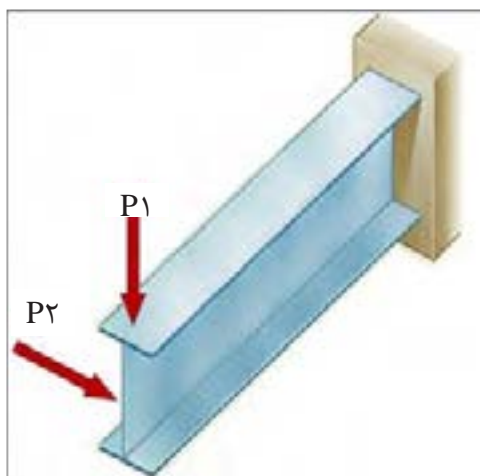


همان‌طور که دیدید استخوان‌های بدن انسان هر کدام برای هدفی که دارند دارای شکل متفاوتی هستند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا است که انواع مختلف بارگذاری در جهت‌های مختلف به آن وارد می‌شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره توخالی می‌باشد انتخاب کرده است؟ به صورت گروهی تحقیق کنید.

تحقیق کنید



تمرین: در شکل زیر اگر نیروی P_1 و P_2 با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید.



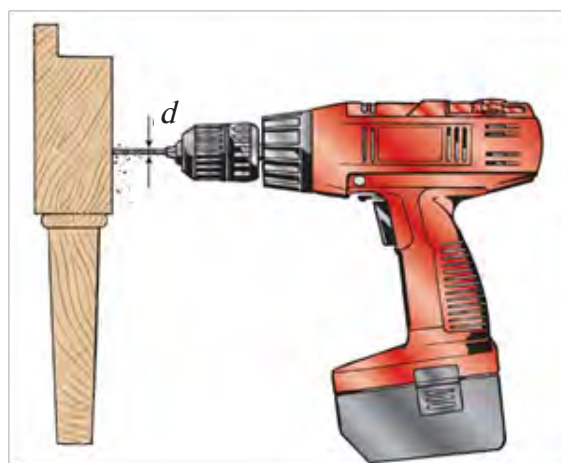
مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، شکل شکستن هر یک از مواد را هنگام پیچش تحقیق کنید.

تحقیق کنید



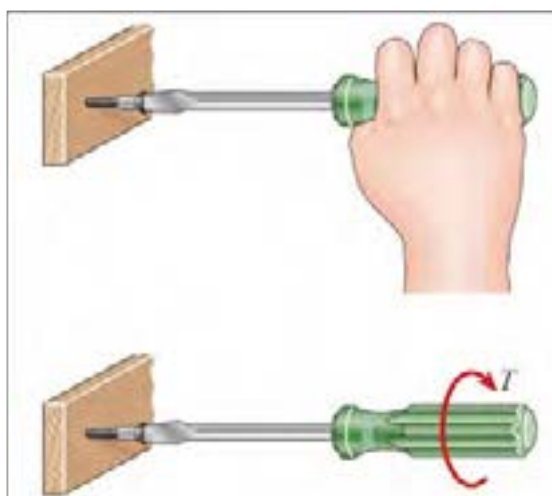
یکی از موارد رایج در هنگام کار شکست مته هنگام سوراخ‌کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی نمایید؟

بررسی کنید



هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا بایستی چه موارد را در نظر گرفت؟

بررسی کنید



کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش بایستی چه کاری انجام داد؟ تصاویر مربوطه را رسم نمایید.

تحقیق کنید



منابع

- ۱- قدیری مقدم، اصغر، میرمنتظری، سید حسن، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات حرارتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۲- میرمنتظری، سید حسن، رئیسی، علی، حکمت، علی، آقازاده هریس، احمد، تأسیسات بهداشتی ساختمان، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۳- سوادکوهی، مجید، ضیغمی، حسن، عیب‌یابی و تعمیر آب گرم‌کن دیواری، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.
- ۴- پارسا، محمود، گل‌محله، امید، متالورژی عمومی و شناخت مواد صنعتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی، ۱۳۹۴.



هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را درباره مطالب این کتاب از طریق نامه
به نشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وبگاه: www.tvoccd.medu.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش