

فصل سوم: تغییر اندازه در اثر گرما (انبساط و انقباض)

اگر در منزل بخاری و یا رادیاتور داشته باشید، با روشن کردن آن در فصل سرما، صدای تق تق ای از آن می شنوید. این صدا در آبگرمکن ها و پکیج ها هم شنیده می شود.

ممکن است در هنگام عبور از پل های هوایی ویژه ی خودروها متوجه شده باشید که هر چند متر، یک فاصله ی چند سانتی متری بین پل در عرض آن خالی گذاشته شده و وقتی خودرو از روی آن عبور می کند مانند این است که هر چند متر یک دست انداز کوچک قرار دارد و یا شاید صدای تق تق قطار به هنگام عبور از روی ریل ها را شنیده باشید.



شکل ۲: لوله ی آب که به خاطر یخ زدگی ترکیده است.



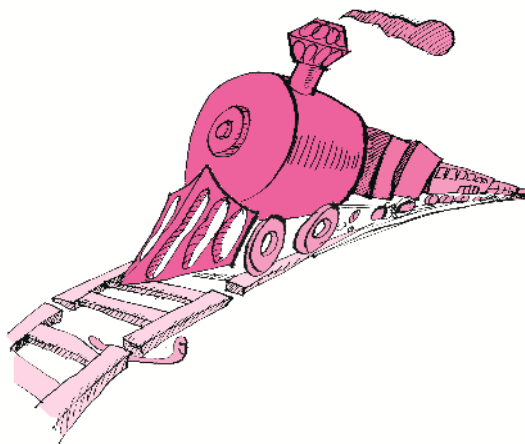
شکل ۱: شکاف یک پل که پوشیده شده است.



شکل ۴: پر کردن شکاف با ماده ی قابل ارتجاع



شکل ۳: شکاف قرار داده شده برای ساختمان.



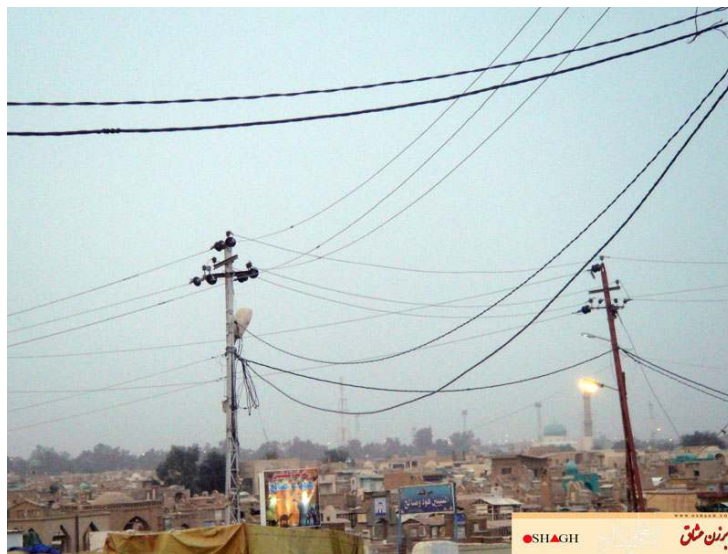
شکل ۵: شکاف بین ریل های قطار

باید دیده باشی که مادر برای باز کردن در شیشه‌ی مربا، آن را زیر آب داغ می‌گیرد و بعد به راحتی در آن را با دست باز می‌کند.



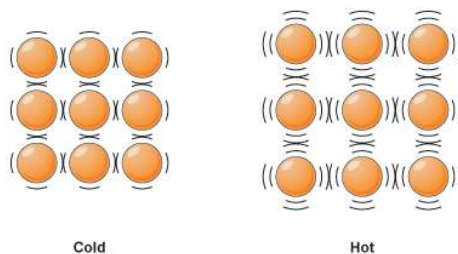
شکل ۶: گاهی در شیشه‌ی مربا سفت است.

همه‌ی این اتفاق‌ها ناشی از پدیده‌ای به نام انبساط و انقباض در مواد می‌باشد.



شکل ۷: کابل‌های برق طولانی‌تر از طول لازم هستند.

وقتی هوا سرد می‌شود، مایع رنگی دماسنج خانه‌ی شما پایین می‌رود. هنگامی که به ماده گرما می‌دهیم، این گرما موجب افزایش جنبش در بین مولکول‌های جسم می‌شود. جنبش یعنی حرکت و وقتی می‌گوییم مولکول‌ها حرکت می‌کنند منظور حرکت نامنظم است. دما زیاد می‌شود و به دنبال آن جنبش مولکول‌ها افزایش پیدا می‌کند. مولکول‌ها برای جنبش بیش‌تر به فضای بیش‌تری نیاز دارند، به همین دلیل فاصله‌ی بین آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. حرکات نامنظم ناشی از انرژی گرمایی، موجب می‌شود که مولکول‌ها نسبت به هم فاصله بگیرند و این فاصله گرفتن نسبت به هم باعث می‌شود که حجم کل جسم افزایش پیدا کند.



شکل ۸: جنبش مولکول‌ها باعث انبساط می‌شود.

مولکول‌ها به صورت تصادفی در همه‌ی جهات جنبش دارند. به طور مثال، نمی‌توان به آن‌ها دستور داد که همگی فقط در یک جهت جنبش داشته باشند. بنابراین افزایش حجم در همه‌ی جهات، به سمت خارج جسم صورت می‌گیرد. به افزایش حجم ناشی از گرما، **انبساط** می‌گوییم. حال فرض کنید جسم به جای این که گرما بگیرد، گرما را از دست بدهد. در این صورت، انرژی جنبشی جسم و به دنبال آن جنبش و حرکت نامنظم مولکول‌های جسم هم کم‌تر می‌شود. بنابراین پیوندهای فتری، مولکول‌ها را بیش‌تر به سمت خود می‌کشند و فاصله‌ی بین مولکول‌ها کم‌تر می‌شود. این کاهش

فاصله‌ها منجر به کاهش حجم کل جسم می‌شود و این کاهش حجم هم در تمامی جهات به سمت داخل می‌باشد. به کاهش حجم ناشی از گرما، **انقباض** گفته می‌شود.



شکل ۱۰: انبساط



شکل ۹: انقباض

آزمایش کنید

یک بادکنک را روی دهانه‌ی یک شیشه قرار بده و بعد این شیشه را روی بخاری یا شوفاژ بگذار. می‌توان به جای شیشه از ارلن استفاده کرد. چه اتفاقی می‌افتد؟

دلیل این اتفاق چیست؟

آزمایش کنید

شمعی را روشن کنید. یک بادکنک را باد کنید و با پنجه‌ی یک دست آن را گرفته و آن را در فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری شعله بیاورید. سپس آن را دور کنید. این کار را چند بار تکرار کنید. چه احساس می‌کنید؟ چرا؟

اکنون می‌توانیم به بررسی پدیده‌های گفته شده در ابتدای بخش بپردازیم.

قبل از روشن کردن بخاری، دمای آن پایین است اما وقتی شعله را روشن کنید، دمای بخاری افزایش پیدا می‌کند که با این اتفاق، جنبش مولکول‌های آن زیاد شده و بخاری افزایش حجم پیدا می‌کند. اما چون سرعت افزایش دما در این فرآیند زیاد است، بنابراین سرعت افزایش حجم نیز زیاد خواهد بود و در اثر این انبساط سریع، صدای تق تق از قطعات بخاری به گوش می‌رسد.

هنگام ساختن پل نیز باید مسأله‌ی انبساط و انقباض آهن را در فصل گرما و فصل سرما جدی گرفت، برای همین پل‌ها را به صورت تکه‌تکه روی ستون‌های آن سوار می‌کنند و بین هر دو بخش مقداری فاصله می‌گذارند تا در صورت انبساط، ۲ بخش با هم برخورد نکنند و دچار خرابی نشوند. نکته‌ای که خیلی مهم است قدرت و نیروی زیادی است که انبساط و انقباض ایجاد می‌کند. این نیرو به اندازه‌ی است که می‌تواند یک پل عظیم ماشین‌رو را به‌طور کامل از بین ببرد، البته اگر در ساخت آن دقت نشده باشد!

ریل‌های قطار نیز از این قضیه مستثنی نیستند. از این رو برای جلوگیری از تخریب ریل‌ها به هنگام انبساط و انقباض، آن‌ها را تکه تکه می‌سازند و بین آن‌ها مقداری فاصله قرار می‌دهند تا هرکدام از قطعات فضای جداگانه برای انبساط داشته باشند. چرخ‌های قطار به هنگام عبور از روی ریل‌ها، از روی فاصله‌ی بین ریل‌ها عبور کرده و از این رو صدای تق تق به صورت متناوب درون قطار در حال حرکت، شنیده می‌شود.

آزمایش کنید

برای انجام این آزمایش، به وسایل زیر نیاز خواهی داشت:

(۱) بطری نوشیدنی

(۲) نی

(۴) چسب حرارتی یا مایع

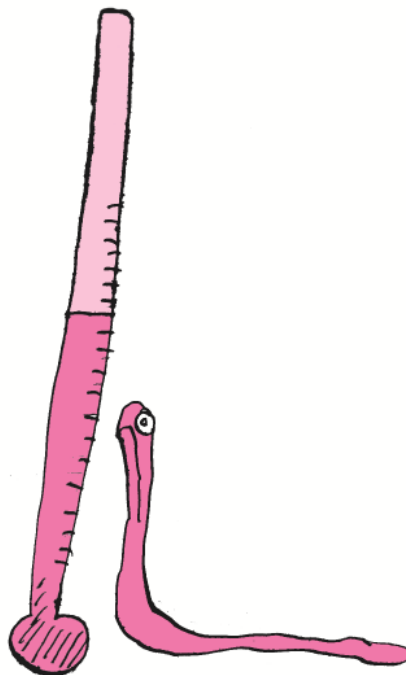
(۵) جوهر یا رنگ خوراکی

در بطری را به اندازه‌ای سوراخ کن تا نی از آن عبور کند. نی را از در بطری عبور بده. بطری را بین نصف تا سه چهارم آب کن و بعد کمی رنگ به آن اضافه کن تا رنگ آب، کاملاً تغییر کند. سپس در بطری را ببند. نی باید داخل آب باشد. برای اطمینان با چسب دور نی را آب بندی کنی تا هوا از آن خارج نشود. مقداری در نی فوت کن تا فشار داخل بطری زیاد شود و آب داخل نی بالا بیاید. حالا بطری را داخل اتاق روی میز بگذار و پس از چند دقیقه، ارتفاع آب درون نی را روی آن علامت بزن.

بعد بطری را داخل آب و یخ قرار بده. چند دقیقه صبر کن تا دمای هوای بطری پایین بیاید. این بار هم ارتفاع آب رنگی را علامت بزن.

این بار بطری را داخل آب جوش قرار داده و چند دقیقه صبر کن. ارتفاع آب را علامت بزن.

در طول آزمایش، حتماً قبل از علامت زدن صبر کن تا ارتفاع آب ثابت شود. همچنین مراقب باش تا آب رنگی از بطری به بیرون نریزد.



شکل ۱۱: دماسنج

دماسنجی

درباره‌ی چگونگی درجه‌بندی دما در فصل یک صحبت کردیم. به این شکل که دمای ذوب یخ را صفر و دمای جوش آمدن آب را 100°C نامیدیم و بین آن‌ها را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم کردیم و این درجه‌بندی را سلسیوس یا سانتی‌گراد نامیدیم. درباره‌ی معیار کلوین و فارنهایت نیز برای گفتیم. از این درجه‌بندی‌ها در ساخت دماسنج‌های مختلف استفاده می‌شود.

گفتیم که دماسنجی، به کمک پدیده‌های قابل مشاهده انجام می‌شود. وقتی به جسم گرما می‌دهیم، جنبش مولکول‌های آن زیاد می‌شود و به دنبال آن انرژی جنبشی کل جسم زیاد می‌شود. در نتیجه، انرژی متوسط جنبشی جسم زیاد می‌شود و در اثر افزایش جنبش، حجم جسم هم زیاد می‌شود که این اتفاق را انبساط نام‌گذاری کردیم. پس انبساط جسم، متناسب با میزان انرژی جنبشی متوسط جسم هم می‌باشد و از آن‌جا که انرژی متوسط جنبشی جسم، با دما نیز متناسب می‌باشد، پس میزان انبساط با میزان تغییر دما هم متناسب است. از این ویژگی می‌توانیم در ساخت دماسنج‌ها استفاده کنیم. این روش، متداول‌ترین روش ساخت دماسنج است. دستگاهی که در بخش "آزمایش کنید" قبل ساختی، یک نمونه‌ی ساده از دماسنج است که ۳ نقطه‌ی روی آن؛ نشان دهنده‌ی دمای ذوب آب (صفر درجه‌ی سلسیوس)، دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه‌ی سلسیوس) و دمای جوش آب (100°C درجه‌ی سلسیوس) می‌باشند.

معروف‌ترین دماسنج موجود، دماسنج جیوه‌ای است. دماسنج جیوه‌ای تقریباً شبیه همان دماسنجی است که ساختی. دماسنج جیوه‌ای از یک لوله‌ی بسیار نازک تشکیل شده که در انتهای آن یک حباب قرار دارد و داخل حباب، جیوه ریخته شده است. وقتی دمای حباب شیشه‌ای افزایش پیدا می‌کند، جیوه‌ی داخل آن منبسط شده و حجم آن زیاد می‌شود. بنابراین، تنها کاری که جیوه می‌تواند انجام دهد، نفوذ به داخل لوله‌ی نازک و بالا رفتن در داخل آن است. پس با افزایش دما، جیوه در طول لوله حرکت می‌کند. اگر این لوله را با دماسنج‌های استاندارد در کنار هم قرار دهیم و میزان بالا آمدن

جیوه را در لوله روی آن علامت گذاری کنیم و دمای جیوه را که توسط دماسنج‌های استاندارد خوانده می‌شود، کنار علامت بنویسیم و این کار را برای دماهای مختلف تکرار کنیم، در آن صورت یک دماسنج مدرج جیوه‌ای خواهیم داشت. می‌توان به جای جیوه از الکل هم برای مایع داخل دماسنج استفاده کرد.



شکل ۱۲: دماسنج جیوه‌ای

نمونه‌ای از دماسنج‌های الکلی:



شکل ۱۳: دماسنج الکلی

بیشتر بدانید:

مزایای دماسنج جیوه‌ای

همان‌طور که گفتیم تمام مواد در اثر افزایش دما دچار انبساط می‌شوند. اما چرا در دماسنج، بیش‌تر از جیوه استفاده می‌شود؟

جیوه نسبت به سایر مواد مزیت‌هایی دارد که باعث شده است در دماسنج از آن استفاده شود.

- (۱) جیوه در مقابل تغییرات دما به سرعت از خود واکنش نشان می‌دهد و به راحتی انبساط و انقباض پیدا می‌کند. این ویژگی جیوه در تعیین دمای اجسام مختلف، کمک می‌کند تا هر چه سریع‌تر دمای جسم مشخص شود.
- (۲) رنگ جیوه در مقایسه با شیشه واضح است و کمک می‌کند که به راحتی مقدار دما را از روی دماسنج بخوانیم.
- (۳) مولکول‌های جیوه نسبت به هم، چسبندگی زیاد و نسبت به مولکول‌های شیشه، چسبندگی بسیار کمی دارند. این خاصیت باعث می‌شود جیوه به راحتی در طول شیشه حرکت کند و در انبساط و انقباض آن خللی ایجاد نشود.
- (۴) میزان انبساط ناشی از گرما در آن تا اندازه‌ای است که می‌توان از آن برای ساختن دماسنج استفاده کرد، یعنی نه خیلی زیاد است و نه خیلی کم.

دماسنج پزشکی

دماسنج‌های پزشکی همان دماسنج جیوه‌ای است که در محدوده‌ی دمای بدن کار می‌کند. لوله‌ی موئین دماسنج پزشکی در اتصال به مخزن دارای یک خمیدگی است و بسیار باریک‌تر می‌شود. آیا می‌توانید حدس بزنید که دلیل این خمیدگی و باریک شدن چیست؟



شکل ۱۴: باریک شدن گلوی دماسنج پزشکی

پاسخ: هنگامی که پزشک، دماسنج را در دهان بیمار می‌گذارد، جیوه‌ی درون دماسنج منبسط شده و درون لوله‌ی موئین بالا می‌آید. خمیدگی ابتدای لوله باعث می‌شود که وقتی پزشک، دماسنج را از دهان بیمار خارج می‌کند، جیوه به سرعت به سر جای خود باز نگردد و اندکی بیش‌تر طول بکشد تا پزشک بتواند دما را به راحتی بخواند.

پرسش:

- (۱) شخصی برای توجیه پدیده‌ی انبساط، مطالب زیر را بیان می‌کند: «هنگامی که جسمی را روی شعله‌ی شمع می‌گیریم، شعله‌ی شمع با وارد کردن نیرو به مولکول‌های جسم، آن‌ها را از هم دور می‌کند و در نتیجه جسم منبسط می‌شود.» آیا این توضیح درست است؟

- (۲) چرا پزشک، دماسنج را حدود ۳ دقیقه درون دهان بیمار نگه می‌دارد؟

- (۳) آیا می‌توان دماسنجی ساخت که به جای مایع، از یک جسم جامد برای سنجش تغییرات دما استفاده کند؟ اگر پاسخ شما مثبت است طرحی برای آن پیشنهاد کنید.

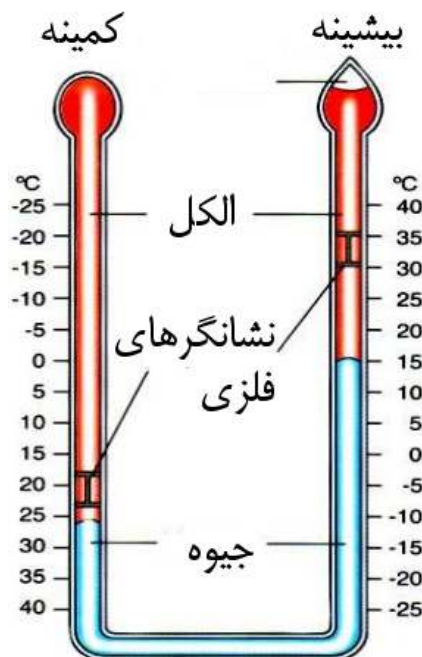
۴) قابلمه‌ی پر از آب را روی شعله گذاشته‌ایم. برای سنجش دمای آب درون قابلمه یک بار مخزن دماسنج را در میانه‌ی آب نگاه داشتیم و بار دیگر مخزن دماسنج را به ته قابلمه چسبانیدیم.
الف) کدام روش برای سنجش دمای آب درست است؟

ب) در کدام شیوه دماسنج عدد بالایی نمایش می‌دهد؟ چرا؟

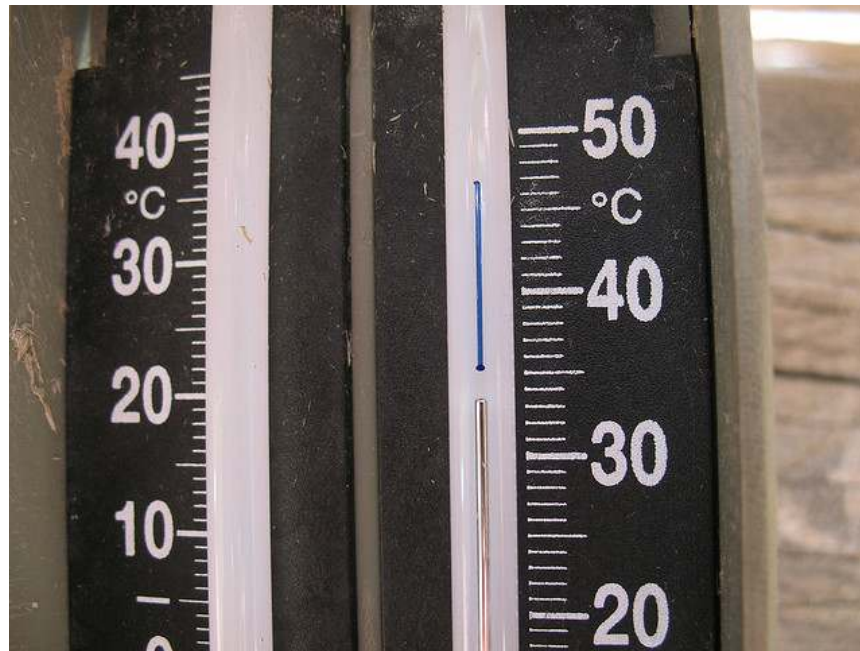
بیشتر بدانید:

دماسنج هواشناسی فرینه:

برای اندازه‌گیری بیش‌ترین و کم‌ترین دمای مدتی معین، مثلاً یک شبانه‌روز، از دماسنج بیشینه - کمینه یا فرینه استفاده می‌کنند. این دماسنج از یک لوله‌ی U شکل ساخته شده که سر دو لوله‌ی آن بسته است. در لوله‌ی راست و چپ آن الکل و در قسمت انحنای پایین لوله، جیوه می‌ریزند. بالای لوله‌ی سمت راست، حباب خالی از هوا است. لوله‌ی سمت چپ به مخزن منتهی می‌شود. روی سطح جیوه در دو طرف لوله هم دو نشانه‌ی فولادی قرار دارد. با گرم شدن هوا، الکل مخزن منبسط می‌شود و جیوه‌ی موجود در لوله‌ی سمت چپ را به پایین هل می‌دهد. در نتیجه سطح جیوه در طرف دیگر بالا می‌رود و نشانه‌ی فولادی را همراه خود بالا می‌برد. وقتی هوا سرد می‌شود، الکل مخزن منقبض شده و در نتیجه سطح جیوه‌ی لوله‌ی سمت چپ را به بالا کشیده و سطح جیوه در لوله‌ی سمت راست پایین می‌آید. اما نشانه‌ی فولادی دیگر پایین نمی‌آید و در همان سطحی که در هوای گرم قرار داشت، می‌ماند و به شیشه گیر می‌کند. در همین زمان، جیوه‌ی لوله‌ی سمت چپ، نشانه‌ی فولادی را با خود بالا می‌برد. بنابراین وقتی هوا به سردترین دما رسید، دیگر سطح جیوه‌ی لوله‌ی سمت چپ بالا نمی‌رود و جای نشانه‌ی فولادی در این حالت می‌تواند نشان‌دهنده‌ی کم‌ترین دما باشد. اگر هوا گرم شود، جیوه دوباره در لوله‌ی سمت چپ پایین‌تر از کمینه‌ی ثبت شده برود، نشانه‌ی فولادی در همان ارتفاعی که بود، می‌ماند و پایین‌تر نمی‌رود و تنها در صورتی که هوا دوباره سرد شود و دما به پایین‌تر از کمینه‌ی ثبت شده برود، نشانه‌ی فولادی می‌تواند به بالا حرکت کند. بالا و پایین رفتن جیوه در لوله‌ها ممکن است چندین بار در شبانه‌روز اتفاق بیفتد. در پایان شبانه‌روز، محل نشانه‌ی فولادی در شاخه‌ی راست، بیش‌ترین دما و همچنین محل نشانه‌ی سمت چپ، نشان‌دهنده‌ی کم‌ترین دمای شبانه‌روز گذشته خواهد بود. برای تنظیم این دماسنج و آماده کردن آن برای شبانه‌روز بعدی، باید نشانه‌های فولادی را به سطح استاندارد آن‌ها برگرداند. این کار را با آهن‌ربا انجام می‌دهند. بدین ترتیب؛ دماسنج به حالت استاندارد خود بازگشته و آماده‌ی ثبت دماهای روز بعد می‌شود.

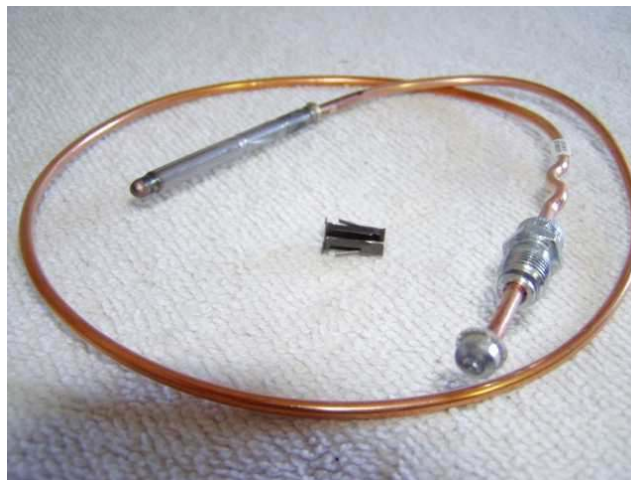


شکل ۱۵: دماسنج فرینه. بر اساس قرارگیری نشانه‌های فلزی، کمترین دما ۲۴ درجه‌ی سلسیوس و بیشترین دما ۳۰ درجه‌ی سلسیوس بوده است.



شکل ۱۶: دماسنج فرینه، یابین، فلز آب، رنگ دمای بیشینه را نشان می‌دهد.

بیش‌تر بدانید: ترموکوپل:

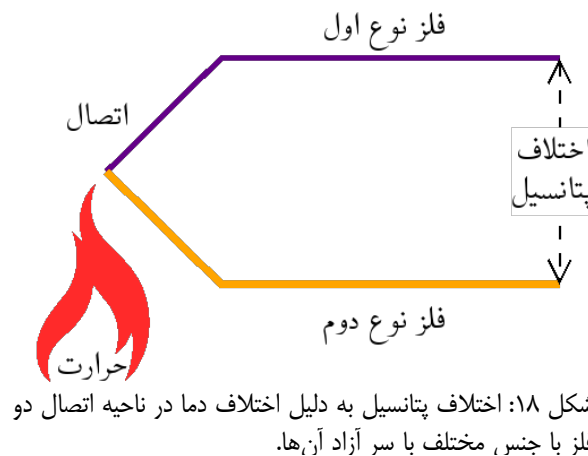


شکل ۱۷: ترموکوپل

با دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای نمی‌توان حرارت‌های بسیار بالا را مانند دمای یک کوره، سنجید. نوعی دیگر از دماسنج با نام دماسنج ترموکوپل برای اندازه‌گیری دماهای بالا استفاده می‌شود.

در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی، از انبساط مایعات استفاده می‌شود و به هر ارتفاع مایع درون لوله‌ی موئین دماسنج، دمایی نسبت می‌دهند. در ترموکوپل دما را به یک کمیت الکتریکی نسبت می‌دهند. با اندازه‌گیری این کمیت دما را می‌توان پیدا کرد.

اساس کار ترموکوپل‌ها با پدیده‌ی ترمو الکتریک است. این پدیده توسط دانشمندی با نام سی‌بک کشف شده است. سی‌بک فهمید که اگر دو فلز باجنس مختلف را در یک نقطه متصل کند، با گرم کردن محل اتصال، یک اختلاف پتانسیل (مانند باتری) بین دو فلز ایجاد می‌شود. میزان اختلاف پتانسیل بین دو فلز به اختلاف دمای نقطه‌ی اتصال با انتهای آزاد فلزها ربط دارد.



برای دماسنجی از این پدیده می‌توان استفاده کرد. معمولاً سر آزاد فلزها را در دمای معلوم مانند مخلوط آب و یخ قرار می‌دهند. این نقطه مبنای دمای مرجع خواهد بود. محل اتصال را نیز در کنار جسمی که دمای آن نامعلوم است قرار می‌دهند. مثلاً داخل کوره. بر اساس میزان اختلاف پتانسیل، می‌توان دمای کوره را محاسبه کرد.

انبساط و انقباض طولی، سطحی و حجمی:

انبساط و انقباض را از سه دیدگاه می‌توان بررسی کرد.

یک مکعب را تصور کنید. وقتی به مکعب گرما بدهیم، با افزایش دما، افزایش حجم پیدا خواهد کرد و می‌توانیم بگوییم هر بعد آن (طول، عرض و ارتفاع) بزرگ‌تر خواهد شد. به این نوع انبساط، انبساط حجمی می‌گویند.

اگر تنها یک وجه (سطح) از مکعب را در نظر بگیرند، می‌توانید بگویید طول و عرض این وجه در اثر انبساط، بزرگ‌تر می‌شود.

در این‌جا چون به بررسی مساحت یکی از سطوح مکعب پرداختیم، انبساط سطحی مورد نظر ما بوده است. حال اگر تنها یک ضلع از مکعب را مورد توجه قرار دهید، می‌بینید که این ضلع با گرما گرفتن، افزایش طول پیدا می‌کند که به این دیدگاه، انبساط طولی می‌گویند.

آزمایش کنید:

یک میله‌ی فلزی را برداشته و با خط‌کش طول آن را بخوانید. مقدار خوانده شده را در جدول زیر یادداشت کنید. میله را با دستمال یا دستکش گرفته و آن را روی شعله قرار دهید. پس از اینکه میله داغ شد، دوباره طول آن را اندازه‌گیری کنید.

طول میله‌ی سرد	طول میله‌ی داغ

آیا طول میله‌ی سرد و داغ تفاوتی کرد؟

اگر در آزمایش بالا طول‌های متفاوتی بدست آورده‌اید، شما دچار توهم شده‌اید و در اندازه‌گیری طول اشتباه کرده‌اید. درواقع انبساط جامدات خیلی کوچکتر از مقداری است که بتوان آن را با خط‌کش اندازه‌گیری کرد. مثلاً در این آزمایش میله در حدود ۰.۱ میلی‌متر منبسط می‌شود. بنابراین با خط‌کشی که درجه‌بندی میلی‌متر دارد، طول میله‌ی منبسط شده با حالت عادی آن برابر به دست می‌آید.

آزمایش کنید:

برای مشاهده‌ی این تغییرات ریز، وسیله‌ای با نام انبساط سنج وجود دارد. این وسیله از میله‌ای تشکیل شده است که از یک انتها ثابت شده و از انتهای دیگر به دُم یک عقربه متصل است. این میله با انبساط خود، دُم عقربه را جابجا می‌کند و عقربه این حرکت را با تغییر زاویه‌ی خود نمایش می‌دهد. از این وسیله استفاده کنید تا انبساط جامدات را ببینید.



شکل ۱۹: انبساط سنج

میزان انبساط و انقباض به چه چیزهایی بستگی دارد؟

در بخش‌های پیش گفتیم که وقتی جنبش در ماده زیاد شود، مولکول‌ها به فضای بیش‌تری نیاز خواهند داشت. از این‌رو، کم‌کم از یک‌دیگر فاصله می‌گیرند و حجم ماده زیاد می‌شود. بنابراین، هر چه جنبش مولکولی بیش‌تر باشد، مولکول‌ها به فضای بیش‌تری نیاز دارند و حجم ماده بیش‌تر افزایش پیدا خواهد کرد. جنبش نیز با دما رابطه‌ی مستقیم دارد. در نتیجه در اثر تغییر دما، جسم دچار انبساط و یا انقباض می‌شود، پس اولین عاملی که در انبساط و انقباض مؤثر است تغییرات دما می‌باشد. انبساط و انقباض با تغییرات دما رابطه‌ی مستقیم دارد. وقتی می‌گوییم که رابطه‌ی مستقیم دارند یعنی با افزایش دما، حجم جسم زیاد می‌شود و در صورت کاهش دما، حجم جسم کم می‌شود.

پرسی و پاسخ:

(۱) یک میله‌ی آلومینیم به طول ۲۰ سانتی‌متر در اختیار داریم. این میله را به مقدار ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس گرم می‌کنیم و طول آن به مقدار ۰.۲ میلی‌متر افزایش پیدا می‌کند.

الف) اگر دو میله‌ی آلومینیمی با طول ۲۰ سانتی‌متر را در امتداد هم قرار دهیم و هر کدام را ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس گرم کنیم، افزایش طول این مجموعه چه مقدار خواهد بود؟

ب) اگر یک میله‌ی آلومینیمی با طول ۴۰ سانتی‌متر را به مقدار ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس گرم کنیم، افزایش طول آن چقدر خواهد بود؟

ج) اگر یک میله‌ی آلومینیمی با طول یک متر را به مقدار ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس گرم کنیم، افزایش طول آن چقدر خواهد بود؟

بنابر پاسخ پرسش بالا، نتیجه می‌گیریم عامل دیگری که در انبساط و انقباض مؤثر است؛ **اندازه‌ی اولیه‌ی جسم** است. یعنی هرچه جسم کوچک‌تر باشد، تغییرات اندازه‌ی آن هم در برابر گرما کم‌تر خواهد بود و هر چه اندازه‌ی جسم بزرگ‌تر باشد؛ تغییرات اندازه‌ی آن در برابر گرما بیش‌تر خواهد بود. پس اندازه‌ی اولیه هم با انبساط و انقباض رابطه‌ی مستقیم دارد. به‌طور مثال، اگر طول اولیه‌ی جسمی را ۲ برابر کنیم، تغییر طول آن جسم هم ۲ برابر خواهد بود. دقت کنید که در تمامی این موارد، میزان **تغییر اندازه** را بررسی می‌کنیم.

آخرین عامل میزان انبساط، جنس ماده است. مثلاً میزان انبساط طول مشخصی از آهن و آلومینیم با افزایش دمای یکسان، برابر نیست. یعنی آلومینیم انبساط بیش‌تری از آهن خواهد داشت.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان انبساط و انقباض ناشی از گرما به ۳ عامل زیر بستگی دارد:

۱- تغییرات دما

۲- اندازه‌ی اولیه

۳- جنس ماده

پرسی

(۵) در یک دماسنج ویژه اندازه‌ی انبساط شیشه‌ی دماسنج با میزان انبساط مایع رنگی مایع درون لوله‌ی موئین دماسنج برابر است. اگر مخزن لین دماسنج را درون یک ماده‌ی بسیار سرد بگذاریم، مایع رنگی لوله‌ی موئین چگونه حرکت خواهد کرد؟

۶) دماسنج ویژه‌ای ساخته‌ایم که میزان انبساط شیشه‌ی دماسنج در برابر گرما شدیدتر از انبساط مایع رنگی درون آن است. الف) اگر دماسنج را درون ماده‌ای سردتر بگذاریم، حرکت مایع رنگین چگونه خواهد بود؟ ب) اگر دماسنج را درون ماده‌ای داغ‌تر بگذاریم، مایع رنگین درون دماسنج چگونه رفتار خواهد کرد؟ چرا دیواره‌ی شیشه‌ای مخزن دماسنج را نازک می‌سازند؟

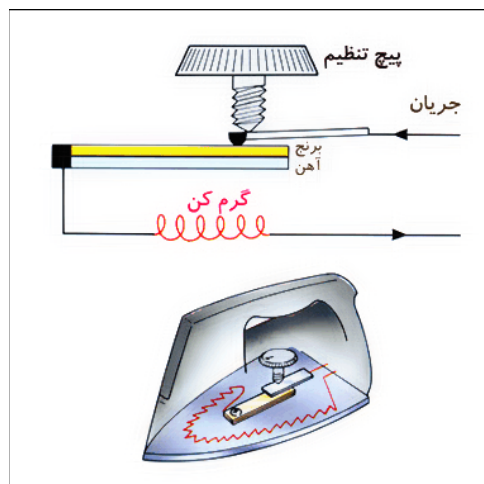
۷) اگر یک میله‌ی ۸۰ سانتی‌متری از یک جسم در اثر ۱۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر شدن به اندازه‌ی دو میلی‌متر افزایش طول پیدا کند، بگویید: الف) میله‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر از همین جنس در اثر ۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر شدن چقدر افزایش طول خواهد یافت؟

ب) میله‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر از همین جنس در اثر ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر شدن چقدر افزایش طول خواهد داشت؟

۸) یک متر از میله‌ای در اثر 400°C افزایش دما ۳ میلی‌متر افزایش طول خواهد داشت. الف) میله‌ای از همین جنس در اثر 600°C افزایش دما چقدر افزایش طول پیدا می‌کند؟

ب) میله‌ای ۲ متری از همین جنس را چند درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر کنیم تا همان ۳ میلی‌متر افزایش طول بیابد؟

دماپا



شکل ۲۰: ساختمان دماپا در اتو

حتماً تا به حال متوجه شده‌اید که یخچال خانه‌ی شما گاهی با صدای تق آرامی خاموش می‌شود و پس از مدتی، دوباره با صدای تق آرامی روشن می‌شود. می‌دانید که دمای داخل یخچال را بر روی درجه‌ی خاصی، مثلاً 3°C ، تنظیم می‌کنند. حال اگر دمای یخچال از 3°C کم‌تر شود، یخچال به طور اتوماتیک خاموش می‌شود و اگر دما از 3°C بیش‌تر شود، یخچال دوباره روشن خواهد شد. در هنگام استفاده از اتو هم این صدا شنیده می‌شود.

اما چگونه این اتفاق می‌افتد؟

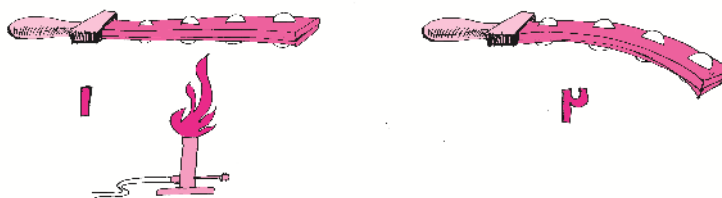
در بخش دماسنج توضیح دادیم که چگونه از خاصیت انبساط و انقباض مواد برای نشان دادن دمای اجسام استفاده می‌کنیم. به کمک این ویژگی، می‌توان وسیله‌ای ساخت که یک دمای خاص را نشان دهد و یا نوعی کلید دمایی ساخت که در یک دمای خاص فعال می‌شود.

این کلید دمایی کاربردهای فراوانی دارد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان اتو و رادیاتور خودرو را مثال زد. همچنین در تمام وسایل گرمایی که در دمایی

خاص کار می کنند و یا از کار می افتند حتماً از این کلید دمایی استفاده می شود، مانند کتری های برقی، پلوپزها، سماورها و

اگر ۲ قطعه ای هم اندازه از دو فلز آلومینیم و آهن را مطابق شکل به هم بچسبانیم و بعد به کل مجموعه گرما دهیم، چه اتفاقی خواهد افتاد؟

در قسمت قبل توضیح دادیم که به خاطر تفاوت جنس آهن و آلومینیم، تغییرات طول آن ها در برابر گرما متفاوت خواهد بود و آهن نسبت به آلومینیم کم تر منبسط می شود. حال در این شکل چون ۲ قطعه کاملاً به هم چسبیده اند، در اثر تغییر دما اتفاق جالبی خواهد افتاد. چون آلومینیم افزایش طول بیش تری نسبت به آهن دارد، برای همین این مجموعه شروع به خم شدن می کند. تنها در این صورت است که تغییر طول آلومینیم از آهن بیش تر می شود. به این مجموعه دمپا گفته می شود و به کمک میزان خمیدگی مجموعه، هم می توان دما را تعیین کرد و هم از این میزان خمیدگی برای انجام کارهای دیگری مانند فشار دادن یک کلید استفاده کرد که بنا بر نوع استفاده ی دمپا از آن بهره می گیرند.



شکل ۲۱: ۲. در یک تصویر یک دمپا که تا نشده است و در تصویر دیگر همان دمپا روی شعله آتش خم شده است

آزمایش کنید:

دو ورق فلزی به هم چسبیده را روی شعله ی آتش قرار دهید و ببینید چه اتفاقی می افتد. سعی کنید بفهمید که کدام فلز انبساط بیش تری داشته است.

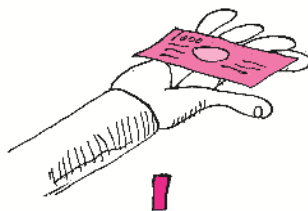
پرش

۹) به کمک فلزهای آهن و مس قطعه ای یک پارچه ساخته ایم که مس در پایین و آهن در بالا قرار دارد. اگر بدانیم که انبساط و انقباض فلز مس در برابر گرما دادن یا گرما گرفتن شدیدتر از فلز آهن است، شکل نهایی قطعه را در پایان هریک از فرآیندهای زیر تعیین کنید.
(الف) هنگامی که مجموعه را سردتر کنیم.

(ب) هنگامی که مجموعه را داغ تر کنیم.

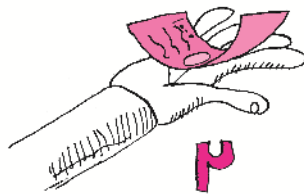
آزمایش کنید

یک اسکناس نو را بردار و روی کف دست خود نگه دار. حتماً باید اسکناس، نو باشد و هیچ تاخوردگی نداشته باشد. بعد از لندک زمانی چه اتفاقی می افتاد؟



شکل ۲۲: ۲. یک اسکناس نو بدون تاخوردگی روی کف دست

در آزمایش بالا نیز اتفاق ظاهراً مشابهی رخ خواهد داد. در این آزمایش، اسکناس کم کم به سمت کف دست باد کرده و فرو می رود. آیا دلیل این اتفاق مانند همان اتفاقی است که در دمپا رخ می دهد؟ اگر این طور باشد پس باید این گونه تحلیل کرد که چون دمای بدن انسان ۳۷ درجه و دمای اتاق حدود ۲۵ درجه سلسیوس می باشد، هنگامی که اسکناس را روی دست نگه می دارید، بخش زیرین اسکناس که به کف دست نزدیک است؛ افزایش دما پیدا خواهد کرد و بخش رویی اسکناس در همان دمای اتاق باقی می ماند. بنابراین مولکول های بخش زیرین، نسبت به مولکول های بخش بالایی کاغذ دمای بیش تری دارند که این باعث می شود که مولکول های بخش زیرین دچار انبساط شده و کاغذ به سمت داخل کف دست خمیده شود.



شکل ۲۳: پس از مدت زمانی کاغذ روی دست به سمت داخل کمی فرورفته و باد کرده است

اما این پاسخی است که شاید به ذهن برسد اما دلیل درستی برای این رویداد نیست. در این فرآیند، رطوبت کف دست به لایه‌ی زیرین اسکناس منتقل شده و با نفوذ به فضای بین مولکول‌های کاغذ، باعث ایجاد انبساط (پف کردگی) در لایه‌ی زیرین شده و برای همین اسکناس به سمت داخل خم می‌شود. برای اثبات این نکته می‌توانید یک آزمایش ساده انجام دهید.

آزمایش کنید

روی یک سینی مقداری آب بریز. میزان آب زیاد نباشد و به اندازه‌ای باشد که خیزی سینی دیده شود. حالا یک نوار ۴ سانتی‌متری از یک کاغذ نوار ببر و روی این مکان خیزی قرار بده. چه اتفاقی می‌افتد؟

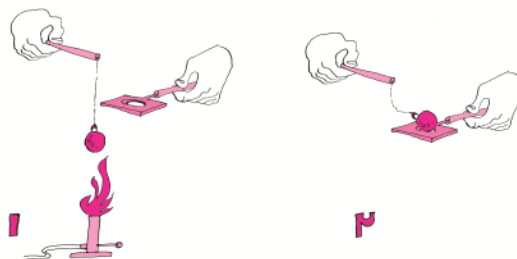
ابتدا که آب به لایه‌ی زیرین نفوذ می‌کند، کاغذ باد کرده و لبه‌های آن به سمت بالا جمع شده و نوار کاغذ؛ مقداری لوله می‌شود. اما بعد با نفوذ آب به لایه‌های بالایی کاغذ، کم‌کم همه جای کاغذ پف می‌کند و برای همین کاغذ به آرامی دوباره باز می‌شود و به حالت صاف در می‌آید. در نهایت متوجه شدید که این اتفاق به ظاهر مشابه، هیچ ربطی به دما یا نداشته و مهر تأییدی است بر آن ضرب‌المثل معروف که **هر گردی که گردو نیست!**

گوی و حلقه

آزمایش کنید

در این آزمایش به یک گوی و حلقه‌ی فلزی هم اندازه که از داخل هم عبور کنند و یک شعله برای گرم کردن نیاز داری. گوی را روی شعله قرار بده تا دمای آن افزایش پیدا کند. بعد از این که دمای گوی به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا کرد، آن را از روی شعله بردار. حالا سعی کن که گوی را از داخل سوراخ عبور دهی. چه اتفاقی افتاد؟ چرا؟

با افزایش دما، گوی دچار انبساط شده و اندازه‌ی آن بزرگ می‌شود. اگر این تغییر دما و افزایش اندازه به قدر کافی باشد، دیگر گوی آن‌قدر بزرگ نمی‌شود که نمی‌تواند از داخل حلقه عبور کند.

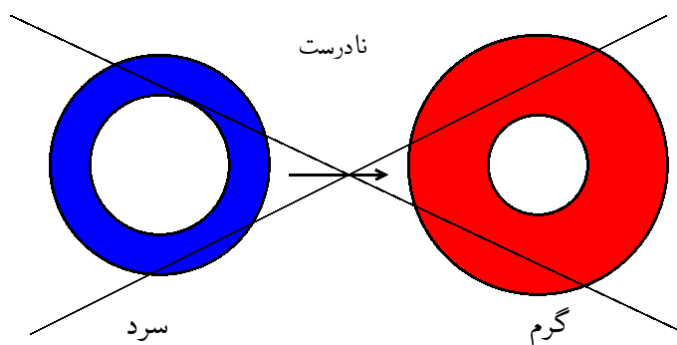


شکل ۲۴: گوی بزرگ شده که از حلقه عبور نمی‌کند



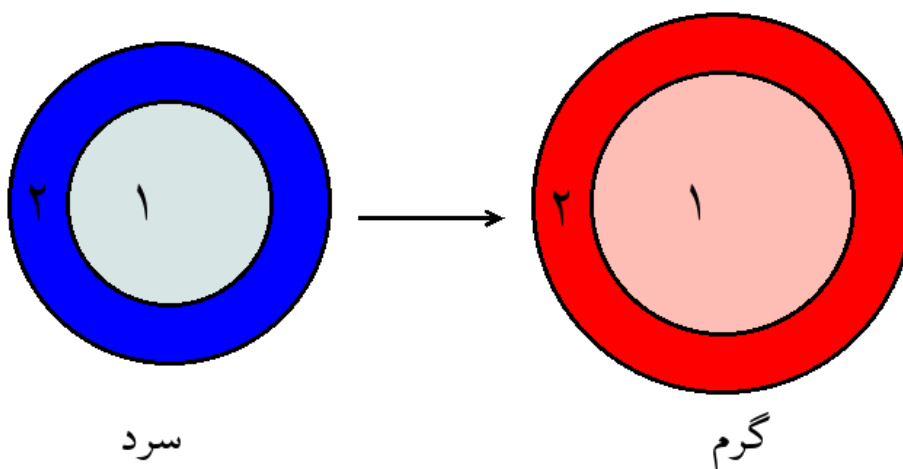
شکل ۲۵: تصویر گوی و حلقه هم اندازه

این بار اگر به جای گوی، حلقه را حرارت بدهی و دمای آن بالا برود چه اتفاقی خواهد افتاد؟ اولین جوابی که برای این پرسش در ذهن تداعی می‌شود این است که چون جسم در اثر افزایش دما در همه‌ی جهات افزایش طول خواهد داشت، پس ضخامت حلقه زیاد می‌شود و قطر سوراخ حلقه کم می‌شود.



شکل ۲۶: با گرم کردن، یک حلقه سوراخ وسط آن، کوچک نم‌شود.

می‌خواهیم کمی دقیق‌تر به این پرسش نگاه کنیم و برای آن یک جواب علمی پیدا کنیم. فرض کنید که یک قرص فلزی به شکل دایره در اختیار داریم. اگر از وسط این قرص یک دایره خالی کنیم، حلقه ساخته می‌شود. قسمت خالی شده را با عدد ۱ و قسمت حلقه را با عدد ۲ در شکل زیر مشخص می‌کنیم. حالا اگر فلز ۱ را در وسط حلقه بگذاریم و مجموعه را گرم کنیم. می‌دانیم دایره‌ی ۱ باید بزرگ شود. دایره‌ی ۲ هم باید بزرگ شود. بنابراین هم سوراخ حلقه و هم دور حلقه بزرگ‌تر می‌شود.



شکل ۲۷: با گرم کردن، یک حلقه سوراخ وسط آن، بزرگ می‌شود.

در این شکل، یک دایره از جنس همان ماده را داریم که تحت حرارت قرار گرفته و دمای آن افزایش پیدا کرده است. اگر به صورت طولی، انبساط این دایره را بررسی کنیم، می‌بینیم که باید طول دایره افزایش پیدا کرده باشد.

پس اگر حلقه را نیز گرم کنیم و دمای آن را به مقدار کافی بالا ببریم، در آن صورت سوراخ حلقه به مقدار کافی بزرگ خواهد شد تا گوی از داخل آن عبور کند.

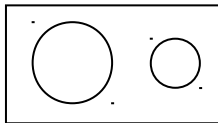
برای این که راحت تر این مسأله را درک کنی می‌توانی آزمایش گوی و حلقه را تکرار کنی، با این تفاوت که این بار به جای گوی، حلقه را روی شعله نگه دار تا به مقدار کافی گرم شود و سپس گوی را از داخل آن عبور بده و دقت کن که قطر سوراخ بزرگ تر شده یا کوچک تر.

آیا تا به حال پیش آمده که نتوانید در شیشه‌ی مربا را باز کنید؟ حتماً وقتی این اتفاق افتاده پدر و یا مادر گفته‌اند که در شیشه‌ی مربا را زیر آب گرم بگیر و بعد آن را باز کن. با توجه به مثال بالا فهمیدیم که با گرم شدن حلقه؛ سوراخ آن نیز بزرگ تر می‌شود، پس وقتی در مربا را زیر آب گرم بگیریم، در بزرگ تر شده و دیگر سخت و محکم به دهانه‌ی شیشه نمی‌چسبد و به راحتی می‌توانیم آن را باز کنیم.

پرسش

۱۰) میزان انبساط مس در اثر گرما یک و نیم برابر آهن است. در آزمایش گوی و حلقه، در صورتی که گلوله‌ی آهنی و حلقه‌ی مسی با قطر برابر داشته باشیم و هر دو را به یک میزان حرارت دهیم، آیا گوی از حلقه عبور خواهد کرد؟

۱۱) روی یک صفحه‌ی مسی ۲ سوراخ وجود دارد. با افزایش دمای صفحه، فاصله‌ی دو سوراخ، فاصله‌ی مرکزهای دو دایره، مساحت دایره‌ها و مساحت کل صفحه چگونه تغییر می‌کنند؟



۱۲) دو سوراخ دایره شکل روی صفحه‌ای فلزی ایجاد کردیم. سپس این صفحه را سردتر کردیم. فاصله‌ی دیواره‌ی سوراخ‌ها از یکدیگر چه تغییری خواهد کرد؟

انبساط غیرعادی آب:

آیا تا به حال پیش آمده که لوله‌های آب ساختمان شما در زمستان دچار ترکیدگی شده باشد؟ شاید دیده باشید که شیلنگ آب کولر - که آب داخل آن را خالی نکرده‌اند - ترکیده است. در زمستان، پدرت داخل رادیاتور خودرو، علاوه بر آب، ضد یخ می‌ریزد.

مگر به هنگام یخ زدن آب چه اتفاقی می‌افتد؟



شکل ۲۸: ترکیدگی ظرف یا لوله در اثر انبساط آب

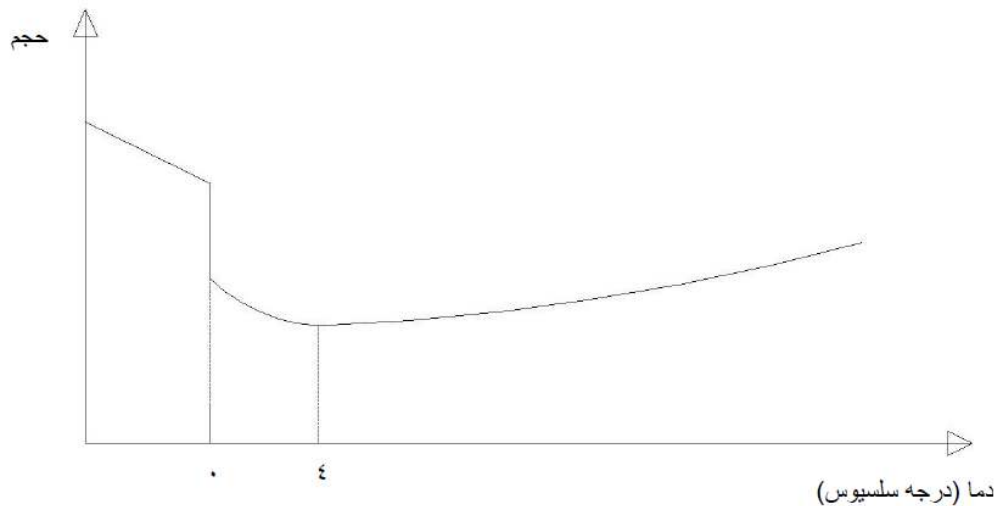
توضیح دادیم که در اثر افزایش دما و گرما، جسم دچار انبساط می‌شود و حجم آن افزایش پیدا می‌کند و وقتی که دما و گرما کاهش پیدا می‌کنند؛ حجم جسم کاهش پیدا کرده و دچار انقباض می‌شود. اما این مطلب **استثنای**ی هم دارد.

آزمایش کنید

یک بطری آب معدنی را به صورت لب به لب از آب پر کرده و در آن را ببند. از این بطری یک عکس بگیر سپس بطری را داخل فریزر قرار بده تا آب داخل آن کامل یخ بزند. بعد از مدت زمانی که مطمئن شدی آب آن کامل یخ زده (حدوداً نصف روز) به سراغ ظرف برو و آن را از فریزر خارج کن. چه می‌بینی؟ یک عکس هم از این بطری تهیه کن.

اگر ظرف را پُر از آب کرده باشید، خواهید دید که بعد از یخ زدن آب، بطری باد کرده است. این آزمایش نشان می‌دهد که آب به هنگام یخ زدن، افزایش حجم داشته است. در حالی که وقتی آب یخ می‌زند یعنی دمای آن پایین آمده و گرما نیز از دست داده است پس باید حجم آن کم می‌شد و دچار انقباض می‌گردید اما می‌بینید که این‌طور نیست. در واقع آب یکی از استثنایان انبساط می‌باشد.

مقداری آب در دمای ۲۰ درجه‌ی سلسیوس در اختیار داریم. اگر آن را آرام آرام سرد کنیم در اثر کاهش دما آب منقبض شده و حجم آن مانند همه‌ی مواد کاهش می‌یابد. این کاهش حجم تا دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس ادامه می‌یابد. اگر باز هم آب را سرد کنید از دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس به پایین، آب دوباره افزایش حجم خواهد داشت و وقتی هم که یخ می‌زند؛ انبساط بیش‌تری پیدا می‌کند. یعنی آب تا وقتی که بیش از ۴ درجه‌ی سلسیوس دما داشته باشد، مانند تمامی مواد با افزایش دما منبسط و با کاهش دما منقبض می‌شود. اما وقتی دمای آن از ۴ درجه‌ی سلسیوس کم‌تر می‌شود، رفتار آب کاملاً برعکس می‌شود یعنی با افزایش دما دچار انقباض و با کاهش دما دچار انبساط می‌شود. در فرآیند یخ زدن هم حجم آب زیاد شده و منبسط می‌گردد. بنابراین آب کم‌ترین حجم را در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس دارد. اگر نمودار حجم آب را نسبت به دما رسم کنیم به این صورت خواهد بود:



شکل ۲۹: حجم آب در دماهای مختلف

با توجه به آزمایشی که انجام دادید و مطالب گفته شده، می‌توانیم دلیل برخی از پرسش‌های مطرح شده را بیان کنیم.

دلیل ترکیدن لوله‌های ساختمان و یا شیلنگ آب کولر، یخ زدن آب در داخل آن‌ها است. در هنگام سرد شدن هوا در زمستان، دمای آب در داخل لوله و شیلنگ کاهش پیدا می‌کند تا جایی که آب داخل آن‌ها یخ می‌زند. با یخ زدن آب، حجم آن هم زیاد می‌شود و دچار انبساط می‌گردد. همان‌طور که در بخش مربوط به انبساط و انقباض توضیح دادیم، نیروی وارد شده از ماده طی فرآیند انبساط؛ بسیار زیاد است تا اندازه‌ای که از میزان تحمل ماده نیز بیش‌تر خواهد بود. بنابراین انبساط آب، باعث ترکیدن لوله‌ها خواهد شد.

در موتور خودرو، از آب به عنوان وسیله‌ی خنک کننده استفاده می‌شود و در مجراهایی که درون موتور وجود دارند، جریان دارد. وقتی که موتور خودرو خاموش است، دمای آن با دمای محیط یکسان است. در زمستان که دما به زیر صفر کاهش پیدا می‌کند، آب داخل موتور هم یخ خواهد زد و با یخ زدن آب، حجم آن افزایش پیدا خواهد کرد که این امر موجب شکستن مجراهای داخل موتور و به اصطلاح، شکستن موتور خواهد شد. اما اگر به آب داخل رادیاتور، ماده‌ی ضدیخ را اضافه کنیم، دیگر این اتفاق رخ نخواهد داد.

با اضافه کردن ضدیخ به آب رادیاتور، دمای انجماد آب را کاهش می‌دهیم. به‌طور مثال، وقتی دمای هوا به ۵ درجه‌ی سلسیوس زیر صفر می‌رسد، آب خالص حتماً یخ می‌زند. اما اگر نصف رادیاتور را با ضدیخ پر کنیم، نقطه‌ی انجماد به حدود ۳۴- درجه‌ی سلسیوس کاهش پیدا خواهد کرد که در این صورت آب در داخل موتور در هوای ۵- درجه یخ نمی‌زند و موتور خودرو نیز سالم می‌ماند.

پرسش و پاسخ:

پرسش: چرا در قدیم برای جلوگیری از ترکیدن آب حوض درون آن تکه‌های چوب می‌انداختند؟

پاسخ: ساختار چوب، متخلخل می‌باشد یعنی در درون آن فضاهای خالی و منافذ بسیاری وجود دارد. به دلیل همین ساختار متخلخل، در زمستان به هنگام یخ زدن آب و منبسط شدن آن، در صورت انبساط بیش از حد آب، چوب فشرده می‌شود و حجم اضافی آب را با کاهش حجم خود جبران می‌کند. علاوه بر این، با قرار دادن چوب در آب درون حوض، مقداری ناخالصی به آب اضافه می‌شود که همین امر باعث کاهش نقطه‌ی انجماد آب شده و دیر یخ می‌زند.

پرسش

۱۳) یا می‌توان به جای الکل یا جیوه، با آب و کمی رنگ دماسنج ساخت؟

۱۴) چگالی بیش‌تر مایع‌ها پس از داغ شدن چه تغییری می‌کند؟

در درس‌های گذشته با مفهوم جرم حجمی آشنا شدید. «میزان جرم یک ماده در واحد حجم» را جرم حجمی می‌نامند. این کمیت از تقسیم جرم جسم بر حجم آن جسم به‌دست می‌آید. به طور مثال، یک ظرف یک لیتری (گنجایش **حجمی** ظرف ۱ لیتر باشد)، با یک کیلوگرم آب خالص پر می‌شود، بنابراین می‌توانیم جرم حجمی آب را از تقسیم جرم آن، که یک کیلوگرم است بر حجم یک لیتر آب به‌دست بیاوریم. این مقدار برابر با ۱ کیلوگرم در لیتر می‌شود. یا جرم حجمی بنزین حدود ۰.۷۵ کیلوگرم بر لیتر است. یعنی در یک ظرف یک لیتری به میزان ۰.۷۵ کیلوگرم یا ۷۵۰ گرم بنزین قرار می‌گیرد.

پرسش

(۱۵) جرم حجمی جسمی به جرم ۹ کیلوگرم و حجم ۵/۱ لیتر چند کیلوگرم بر متر مکعب می‌شود؟

(۱۶) جرم حجمی طلا نزدیک به ۱۹۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. جرم حجمی آن برحسب یکای گرم بر سانتی‌متر مکعب چقدر می‌شود؟

(۱۷) اگر جرم حجمی طلا ۱۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد، یک قطعه طلا به ابعاد ۲cm و ۴cm و ۵cm چند گرم جرم دارد؟

(۱۸) اگر بدانیم جرم حجمی آب خالص ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است، جرم حجمی آن را برحسب یکای «گرم بر سانتی‌متر مکعب» به‌دست آورید.

(۱۹) اگر مقداری جیوه را سرد کنیم حجم آن:

- (۱) کم‌تر می‌شود. (۲) تغییر نمی‌کند. (۳) بیش‌تر می‌شود.

(۲۰) جسمی با جرم حجمی $\frac{4200 \text{ kg}}{\text{m}^3}$ داریم. اگر این جسم را دو نیمه کنیم، جرم حجمی هر نیمه چقدر می‌شود؟

(۲۱) چگونه می‌توانید بدون چشیدن، تفاوت آب خالص و آب دریا را تشخیص دهید؟

حتماً تا به حال برای نوشیدن یک لیوان آب خنک در تابستان، از یخ استفاده کرده‌ای. یخ را خرد کرده و در داخل لیوان می‌ریزی و صبر می‌کنی تا آب خنک شود و بعد آن‌را می‌نوشی. اما آیا تا به حال دیده‌ای که وقتی تکه‌های یخ را به داخل آب می‌اندازی، به خاطر سرعتی که دارند مقداری داخل آب فرو می‌روند، ولی دوباره به سطح آب بر می‌گردند. حتی گاهی با یک قاشق، آب و یخ را هم می‌زنی تا آب سریع‌تر خنک شود و با این کار گاهی یخ را به داخل آب فرو می‌بری ولی باز دوباره به روی سطح آب باز می‌گردد.



شکل ۳۰: یک لیوان آب یخ

می‌خواهیم بررسی کنیم که چرا یخ روی آب می‌ماند. همان‌طور که گفته بودیم می‌توان از تقسیم جرم به حجم جسم، چگالی را حساب کرد. هنگامی که آب یخ می‌زند - با توجه به این که آب استثناء انبساط است - حجم آن افزایش پیدا می‌کند ولی جرم آب تغییری نخواهد کرد. بنابراین جرم ثابت می‌ماند و حجم افزایش پیدا می‌کند، پس چگالی کاهش پیدا خواهد کرد.

توضیح ریاضی این مطلب بدین گونه می‌باشد که چگالی از حاصل کسر جرم تقسیم بر حجم حساب می‌شود.

حجم / جرم = چگالی

در این‌جا وقتی صورت آن که همان جرم است ثابت بماند و مخرج آن که حجم می‌باشد افزایش پیدا کند، حاصل کسر کوچک می‌شود که به معنای کاهش چگالی خواهد بود. بنابراین وقتی آب یخ می‌زند، چگالی آن نیز کاهش پیدا می‌کند.

اکنون می‌توانیم دلیل این که یخ همیشه در سطح آب باقی می‌ماند را درک کنیم. وقتی آب یخ می‌زند چگالی آن نیز کاهش پیدا می‌کند، بنابراین چگالی یخ از آب کمتر است. همان‌طور که در بخش چگالی گفته بودیم، هر جسمی که چگالی آن از آب کمتر باشد، روی سطح آب باقی می‌ماند.

با توجه به نکات اخیر متوجه می‌شویم که چگالی یک جسم در صورت انبساط، کاهش و در صورت انقباض، افزایش پیدا خواهد کرد. وقتی در اثر تغییر دما حجم جسمی افزایش پیدا کند و به اصطلاح منبسط شود، چگالی آن جسم کاهش می‌یابد و اگر حجم جسم کاهش پیدا کند و به اصطلاح منقبض شود، چگالی آن جسم افزایش پیدا خواهد کرد.

پرسش

۲۲) یک بالن هواشناسی باید به مدت یک هفته در ارتفاعی نزدیک به ۱۰۰۰ متری سطح دریا باقی مانده و اطلاعات هواشناسی را جمع‌آوری کند. اگر فرض کنیم که وزش باد ارتفاع بالن را تغییر ندهد،
الف) عوامل مؤثر بر تغییر ارتفاع بالن را در یک هفته بنویسید.

ب) چه زمان‌هایی بالن بیش‌ترین ارتفاع از سطح زمین را دارد؟

۲۳) اگر یک جسم را سردتر کنیم چگالی آن چه تغییری خواهد کرد؟

در این آزمایش قرار است که چگالی آب و یخ را محاسبه کنید. برای محاسبه‌ی چگالی آب، از یک استوانه‌ی مدرج استفاده کنید. با استفاده از ترازو، جرم استوانه‌ی مدرج خالی را اندازه‌گیری کنید. سپس حجم مشخصی آب داخل استوانه ریخته و جرم آن را دوباره اندازه‌گیری کنید. جرم آب را از اختلاف جرم استوانه‌ی خالی و پر محاسبه کنید. نتایج را در جدول زیر یادداشت نمایید.

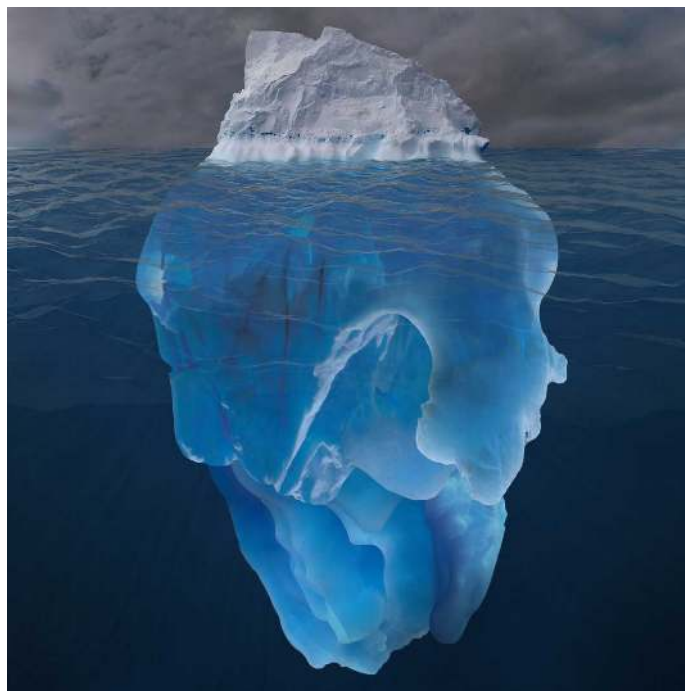
جرم استوانه‌ی مدرج خالی	جرم استوانه‌ی مدرج با آب	جرم آب	حجم آب	چگالی آب

برای اندازه‌گیری چگالی یخ لازم است که حجم آن را بدانیم. ولی به خاطر شکل نامشخص تکه‌های یخ، نمی‌توان حجم آن را محاسبه کرد. به نظر شما چگونه می‌توان حجم یخ را اندازه‌گیری کرد؟ ابتدا فکر کنید سپس با بحث با هم گروهی خود راهی را ارائه کنید. پس از آن آزمایش را انجام داده و چگالی یخ را محاسبه کنید.

کوه‌های یخی قطب

با توجه به آزمایش بالا، مشخص شد که چگالی یخ ۰.۹ کیلوگرم بر لیتر است. چگالی آب ۱ کیلوگرم بر لیتر است. به دلیل این اختلاف چگالی، تقریباً ۹۰ درصد یک تکه یخ زیر آب و ۱۰ درصد از کل تکه یخ روی آب قرار دارد.

شاید تا به حال در برنامه‌های مستند تلویزیون، تصاویر مربوط به قطب را دیده باشید. زمین بسیار بزرگی که بیش‌تر آن از یخ ساخته شده و شامل کوه‌های عظیم یخی نیز می‌باشد. اما بر اساس مطالبی که درباره‌ی یخ یاد گرفتید می‌دانید که فقط ۱۰ درصد یخ روی آب باقی می‌ماند و ۹۰ درصد دیگر آن در زیر آب قرار دارد. بنابراین تمام یخی که قابل دیدن است، فقط ۱۰ درصد کل یخ مربوط به یک کوه یخی می‌باشد و ۹ برابر همین مقدار یخ در زیر آب قرار دارد.



شکل ۳۱: کوهی از یخ در قطب

پرسش

یکی از مشکلات عصر حاضر گرم شدن زمین به خاطر تولید گازهای گلخانه‌ای است. گرم شدن زمین باعث آب شدن یخ‌های قطب می‌شود. فکر کنید ببینید که آیا با آب شدن یخ‌های شناور قطب، سطح آب دریاها آزاد بالا می‌آید؟

این مسأله در مورد یخ‌هایی که روی خشکی هستند چگونه است؟

آزمایش کنید

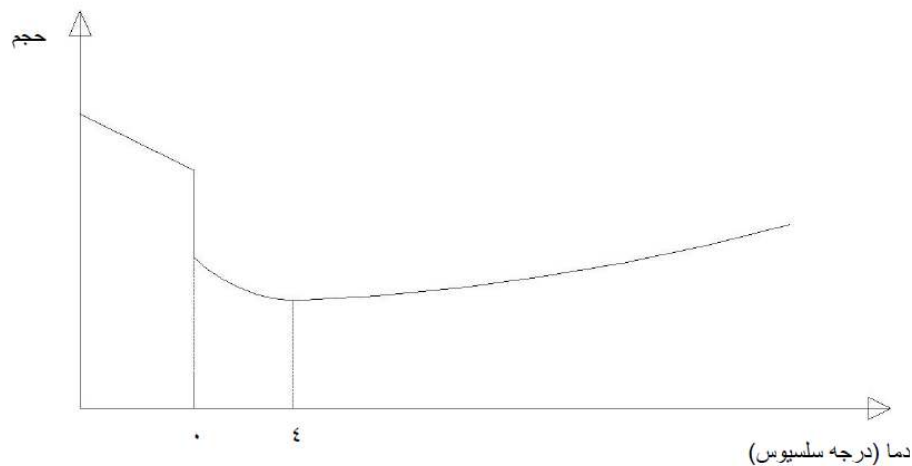
می‌خواهیم یک آزمایش ساده انجام دهیم. یک لیوان پلاستیکی را آب کن و داخل فریزر قرار بده. برای بهتر شدن نتیجه‌ی آزمایش، ابتدا یک ظرف پلاستیکی را روی یکی از طبقات فریزر قرار بده و بعد لیوان آب را روی آن بگذار تا کف لیوان آب با طبقات فریزر برخورد نکند. سعی کن ارتفاع ظرف زیرین به گونه‌ای باشد که لیوان آب در وسط طبقه قرار بگیرد. بعد از مدتی دوباره به لیوان آب سر بزنی. خواهی دید که سطح روی آب یخ زده است. وقتی دیدی سطح روی آب دور لیوان یخ زد، لیوان را خارج کن و یخ آن را بشکن.

یخ فقط روی سطح لیوان ایجاد شده و آب داخل لیوان، یخ نزده است. این آزمایش را هر چند بار دیگر هم تکرار کنی همین اتفاق رخ خواهد داد. این بدان معناست که آب همیشه از سطح بالایی، یخ می‌زند.

بیشتر بدانید

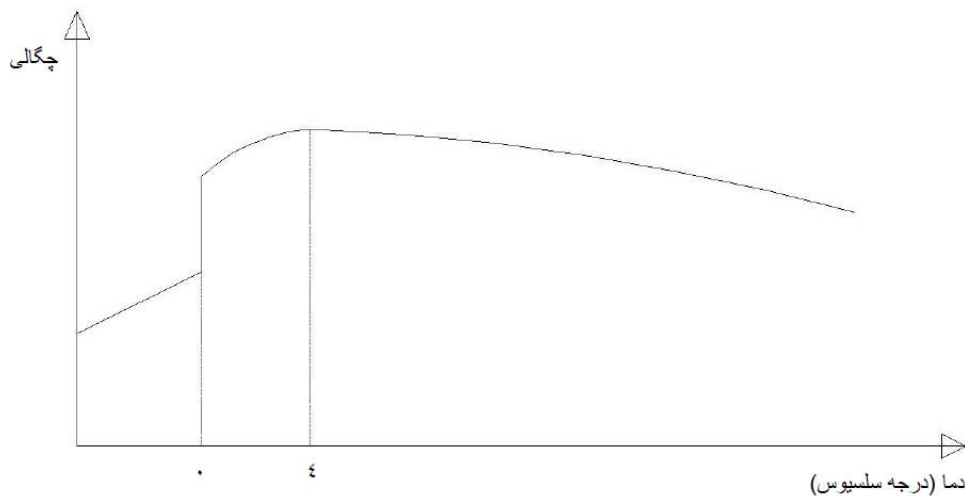
علت یخ زدن سطح آب

اکنون می‌خواهیم به بررسی نتیجه‌ی آزمایش بالا پردازیم. یک بار دیگر به نمودار تغییر حجم آب در دماهای مختلف دقت کن. با توجه به نمودار، آب در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس کم‌ترین حجم خود را دارد.



شکل ۳۲: حجم آب در دماهای مختلف

به کمک این نمودار، می‌توان نمودار چگالی آب در دماهای مختلف را نیز رسم کرد. از آن‌جا که در فرآیند تغییر دما جرم ثابت است و فقط حجم جسم کم و زیاد می‌شود و چگالی نیز از تقسیم جرم بر حجم به‌دست می‌آید، نمودار به‌راحتی رسم می‌شود. چون حجم در مخرج کسر قرار دارد، بنابراین هر جا در نمودار حجم افزایش داشته باشیم، در نمودار چگالی با کاهش روبه‌رو می‌شویم و برعکس هر جا در نمودار حجم با کاهش روبه‌رو باشیم در نمودار چگالی با افزایش روبه‌رو می‌شویم. بنابراین وقتی که آب به کم‌ترین مقدار حجم خود می‌رسد بدین معناست که چگالی آب نیز به بیش‌ترین اندازه‌ی خود رسیده است. در نتیجه آب که در دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس کم‌ترین حجم خود را دارد، بیش‌ترین چگالی را نیز خواهد داشت.



شکل ۳۳: چگالی آب در دماهای مختلف

برمی‌گردیم به آزمایشی که انجام دادی. وقتی که لیوان آب را داخل فریزر قرار می‌دهی، دمای آب داخل لیوان شروع به کاهش می‌کند. در این فرآیند، ابتدا بخش‌های خارجی آب که با هوای داخل فریزر در تماس هستند کاهش دما پیدا می‌کنند و سپس کم‌کم این سرما به بخش‌های داخلی‌تر منتقل می‌شود. از این‌رو کاهش دمای آب، به صورت یکپارچه و هم‌اندازه در تمام لیوان رخ نمی‌دهد.

ابتدا لیوان را از شیر آب پر کردی، بنابراین دمای اولیه‌ی آب درون لیوان حدود ۲۰ درجه‌ی سلسیوس بوده است. بعد آن‌را در فریزر و در جایی که آماده کرده بودی قرار دادی. اکنون دمای آب درون لیوان کاهش پیدا می‌کند. ولی همان‌طور که گفتیم دمای تمام نقاط، به یک اندازه و به‌صورت هم‌زمان کاهش پیدا نمی‌کند.

با مرور زمان، دمای آب کاهش پیدا می‌کند. بخش‌های خارجی زودتر و بخش‌های داخلی کمی دیرتر به دماهای پایین‌تر دست پیدا می‌کنند. تا این‌که با کاهش دما، کم‌کم دمای برخی نقاط به ۴ درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. همان‌طور که گفتیم آب ۴ درجه، کم‌ترین حجم و **بیش‌ترین چگالی** را دارد. بنابراین آب‌های ۴ درجه به پایین سقوط می‌کنند و در ته ظرف جمع خواهند شد. حالا می‌خواهیم فرآیند را کمی آهسته‌تر ادامه دهیم.

بخشی از آب ۴ درجه که در ته ظرف جمع شده است، بازهم دچار کاهش دما می‌شود (چون داخل فریزر هستند، بنابراین کم‌کم دمای آب بیش‌تر کاهش پیدا می‌کند). تا این‌که دمای بخشی از این آب که در ته ظرف قرار دارد، به ۳ درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. همان‌طور که گفته بودیم آب در دمای پایین‌تر از ۴ درجه کاملاً برعکس عمل می‌کند و در اثر کاهش دما منبسط شده و چگالی آن هم کاهش می‌یابد. پس به دلیل کاهش چگالی، از ته ظرف جدا شده به بالاتر می‌روند. این آب‌های ۳ درجه نیز دچار کاهش دما می‌شوند و به دنبال آن بیش‌تر منبسط می‌شوند و افزایش حجم پیدا می‌کنند. به همین دلیل، چگالی آن‌ها نیز کم‌تر می‌شود. بنابراین به سطوح بالاتر می‌آیند. این روند ادامه پیدا می‌کند تا آب به دمای صفر درجه می‌رسد و کم‌کم یخ می‌زند.

وقتی بخشی از آب به صفر درجه می‌رسد و یخ می‌زند، بدین معنا است که بخش‌هایی از آب هنوز به این دما نرسیده‌اند و چون دمایی بالاتر از صفر درجه دارند پس نسبت به بخش‌های در حال یخ زدن، چگالی بیش‌تری دارند، به همین دلیل در ارتفاعی پایین‌تر قرار می‌گیرند و باید گفت بخش‌های در حال یخ زدن باید در سطح بالاتر قرار بگیرند. از این‌رو، آب‌های در حال یخ زدن که کم‌ترین چگالی را دارند، روی سطح قرار می‌گیرند و برای همین، فرآیند یخ زدن از سطح آب آغاز می‌شود.

بعد از یخ زدن سطح آب، کم‌کم دمای سایر نقاط کم می‌شود و شروع به یخ زدن می‌کنند و بدین ترتیب یخ از سطح آب به سمت ته ظرف پیش‌روی می‌کند تا تمام آب موجود در ظرف به یخ تبدیل شود.

بیش‌تر بدانید:

با یخ زدن آب دریاها و دریاچه‌ها در زمستان، ماهی‌ها چگونه زنده می‌مانند؟



شکل ۳۴: سطح یخ زده‌ی دریاچه

در زمستان و در سرمای شدید، در برخی از مناطق زمین، آب دریاچه‌ها یخ می‌زند و سطح آن‌ها به‌طور کامل با یخ پوشیده می‌شود. پرندگان و موجودات دیگری که از این دریاچه استفاده می‌کردند و زندگی خود را از این دریاچه تأمین می‌کردند، در فصل سرما و با یخ زدن آب دریاچه به مناطق گرم‌تر کوچ می‌کنند تا جایی برای ادامه‌ی زندگی خود پیدا کنند. بعد از فصل سرما و با آب شدن یخ‌ها دوباره به کنار این دریاچه باز می‌گردند. اما ماهی‌هایی که در این دریاچه زندگی می‌کردند چه می‌کنند؟ آیا با یخ زدن آب، آن‌ها هم از بین می‌روند و یا به همراه آب یخ می‌زنند و در فصل بهار دوباره زنده می‌شوند؟ می‌خواهیم به بررسی این موضوع بپردازیم.

در زمستان، به دلیل پایین بودن دمای هوا که در بعضی مناطق به صفر و زیر صفر درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد، آب دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها یخ می‌زنند. هنگامی که آب یخ می‌زند، افزایش حجم پیدا می‌کند. به همین دلیل، چگالی یخ از چگالی آب معمولی کم‌تر است. این امر سبب می‌شود که قطعات یخ روی سطح آب شناور شوند. در دریاها و رودخانه‌ها نیز آب از سطح آن‌ها شروع به یخ زدن می‌کند. اما یخ مانند عایقی برای آب زیر آن عمل می‌کند و وقتی ضخامت لایه‌ی یخ به مقدار معینی رسید، دیگر تبادل گرما با هوا بسیار ناچیز می‌شود. در این حالت آب زیر یخ کاهش دما پیدا

نمی‌کند و دمای آن ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد باقی می‌ماند. به این شکل، ماهی‌ها و جانوران ابزی دچار یخ زدگی نمی‌شوند و می‌توانند تا رسیدن فصل گرما و آب شدن یخ سطح آب، به زندگی خود ادامه دهند.



شکل ۳۵: حرکت کشتی در دریاچه‌ی یخ زده



شکل ۳۶: دریاچه‌ی یخ زده

با بررسی طبیعت پیرامون خود، مطالب زیبایی را می‌توانیم درک کنیم و دلایل برخی رویدادها که در ابتدا غیر عادی به نظر می‌رسند برای ما روشن خواهد شد. انبساط غیرعادی آب نیز یکی از این پدیده‌های عجیب است و برای ماهی‌هایی که در دریاچه‌ها زندگی می‌کنند بسیار مفید است.

پرسش‌های تکمیلی بخش سوم:

(۲۴) چرا جسم‌ها در اثر گرما دچار انقباض و انبساط می‌شوند؟

(۲۵) چرا پل‌ها را تکه تکه می‌سازند و بین تکه‌ها مقداری فاصله می‌گذارند؟

(۲۶) دماسنج چگونه کار می‌کند؟

(۲۷) انبساط و انقباض‌های طولی، سطحی و حجمی را توضیح دهید.

(۲۸) عوامل مؤثر در میزان انبساط و انقباض را نام ببرید.

(۲۹) دمایا چیست و چگونه کار می‌کند؟

(۳۰) اگر یک ورق فلزی که در وسط آن یک سوراخ قرار دارد را حرارت دهیم، قطر سوراخ ورق کمتر می‌شود یا بیش‌تر؟ توضیح دهید.

(۳۱) چرا لوله‌های آب ساختمان در زمستان دچار ترکیدگی می‌شوند؟ چه راه حلی برای این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟

(۳۲) جرم حجمی چیست؟

(۳۳) چرا آب همیشه از سطح بالایی شروع به یخ زدن می‌کند؟

(۳۴) آب در چه دمایی بیشترین چگالی را دارد؟ توضیح دهید.

(۳۵) آیا تمام آب دریاچه در زمستان یخ می‌زند؟ توضیح دهید.

(۳۶) در فصل زمستان که سطح دریاچه‌ها یخ می‌زند، برای ماهی‌ها چه اتفاقی می‌افتد؟

(۳۷) چرا در دماسنج طبی از جیوه به عنوان مایع دماسنجی استفاده می‌شود؟

(۳۸) چرا لوله‌ی دماسنج موئین است؟

(۳۹) خمیدگی موجود در انتهای لوله‌ی موئین دماسنج پزشکی برای چیست؟

(۴۰) چه عاملی موجب شارش مایع یا گاز در جریان همرفتی می‌شود؟

(۴۱) علت هر یک از پدیده‌های زیر چیست؟
 الف) باز شدن در فلزی شیشه مربا زیر آب داغ
 ب) ترکیدن شیلنگ فلزی آب کولر

(۴۲) چرا کشتی‌ها را به صورت توپُر نمی‌سازند؟

(۴۳) ۲۰ سانتی‌متر مکعب آب با دمای ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد را با ۱۶۰ سانتی متر مکعب آب ۷۵ درجه مخلوط می‌کنیم. (از انبساط صرف نظر کنید).
 - حجم مخلوط را حساب کنید.
 - جرم مخلوط نزدیک به چند گرم خواهد شد؟
 - دمایی نهایی مخلوط چه عددی خواهد شد؟

(۴۴) اگر در پرسش قبل از انبساط و انقباض‌ها چشم‌پوشی نکنیم، دمای نهایی مخلوط چگونه خواهد بود؟

(۴۵) چرا بخاری‌ها و آب‌گرم‌کن‌ها پس از روشن شدن، تق‌تق کرده و صدا می‌کنند؟

(۴۶) یک اسکناس نو را روی کف دست بگذار، گوشه‌های اسکناس آرام آرام به بالا می‌روند. اگر اسکناس را روی شومیز یا زمین گرم بگذاری این چنین نخواهد شد. چه چیزی باعث خمیدگی اسکناس روی کف دست شد؟

(۴۷) در فصل تابستان، درهای برخی از ساختمان‌ها کمی سفت شده و کمی سخت باز می‌شوند. چرا این پدیده رخ می‌دهد؟