

هانا، بابای هانا، مامان هانا
مهدی هاشمی

سعید فراهانی
دوست همیشه سبزم که جاودانه شد ...
ایمان سلیمانزاده

پدر و مادر عزیزم
به پاس مهربانی‌ها و زحمات‌هایشان
علی انواری

گپی راجع به مجموعه «ماجرای بیست»

تا حالا به این فکر کردین که یه دانش آموز توی ۲۴ ساعت شبانه روز چی کار می‌کنه؟

- 🔴 هفت هشت ساعت می‌خوابه و استراحت می‌کنه.
 - 🔴 حداقل هفت ساعت تو مدرسه‌ست که شیش ساعتش رو سر کلاسه و (احتمالاً) داره درس گوش می‌ده.
 - 🔴 حدود یک ساعت تو راه خونه به مدرسه و مدرسه به خونه‌ست.
 - 🔴 سه چهار ساعتی هم توی خونه با کتابا و درساش مشغوله و گشتی می‌گیره.
 - 🔴 چهار پنج ساعت از وقتش هم می‌ره برای غذاخوردن، حضور در آغوش گرم خانواده و کارای شخصی مهم و بازی‌گوشی (که شامل گوشی‌بازی هم می‌شه!)
- خُب! با این حساب و کتابا معلوم می‌شه یه دانش‌آموز، ۷۵/۶۲۵ درصد از زمان بیداریش رو با درس و مشق و کتاب و مدرسه و معلم می‌گذرونه با کلی اتفاقات تلخ و شیرین؛ پس بی‌راه نیست که بگیم:
- «ماجرای بیست» ماجرای اصلی زندگی یه دانش‌آموزه.

ما توی خیلی سبز این مجموعه رو آماده کردیم، چون واقعاً دلمون می‌خواد داستان مدرسه‌رفتن و درس‌خوندن شما و این عمری که به پاش گذاشتین، پایان خیلی خوش و شکوهمندی داشته باشه!

اگه ماجراهای جالب خودتون با درساتون رو به صورت مطلب، عکس، سلفی، خاطره، فیلم و فیلم‌نامه و ... برامون بفرستین، خیلی رو سرمون منت گذاشتین. ما حتمن ماجراهاتون رو یه جایی (مثلاً تو سایت خیلی سبز یا شاید هم چاپ بعدی کتاب) منتشر می‌کنیم.

ماجرای من و فیزیک

ورودتون به پایه دهم و مهم‌تر از اون شروع جدی یادگیری درس فیزیک رو بهتون خیلی تبریک می‌گم. می‌دونید چرا؟ چون یادگیری فیزیک می‌تونه یک نقطه عطف در زندگانی شما باشه. می‌خوام تجربه خودم رو درباره فیزیک به شما هدیه کنم:

راستش من توی درس فیزیک بودم که فهمیدم، فهمیدن دقیق یعنی چی! تا قبل از اون هر چی رو که می‌شنیدم یا می‌خوندم، می‌گفتم: خوب فهمیدم! اما وقتی اولین بار شاد و خندان و مست از غرور فهمیدن رفتم سر جلسه امتحان فیزیک، تازه فهمیدم که چیز زیادی نفهمیده بودم! (اولین نمره فیزیکم شد ۶/۵) بعد از کلی تلاش و فکر کردن و وقت گذاشتن، یاد گرفتم که «بشکن فهمیدن»^۱ وقتی زده می‌شه که تعریف‌ها و قوانین فیزیک رو خوب و دقیق درک کنی؛ این قوانین رو در مثال‌ها و نمونه‌های اطرافت ببینی و در حل مسئله‌های فیزیک لذت کشف کردن رو بچشی. هر وقت به این درجه از عرفان فیزیکی رسیدی، بدون که خیلی کارِ درسته!

امیدوارم با فیزیک خیلی حال کنی.

از آقایان انواری، سلیمان‌زاده و هاشمی که توی کتاب برای فهموندن فیزیک به شما همه تلاششون رو کردند، تشکر می‌کنم. و ممنون از تلاش و مسئولیت‌پذیری فوق‌العاده بقیه همکارانم در خیلی سبز:

برویچه‌های خوب در واحد تولید

و خانم‌ها زهرا جالینوسی، انسیه میرجعفری و پگاه اسدی در واحد تألیف

۱- لحظه‌ای که آدم یه چیزی رو خوب می‌فهمه یا کشف می‌کنه، انگار یه کسی توی ذهنش یه دونه بشکن می‌زنه و می‌گه آهان فهمیدم. من اسم این حالت باشکوه رو گذاشتم «بشکن فهمیدن»!

از آن جایی که درس فیزیک هم در امتحان نهایی‌ها و هم در کنکور نقش فعالی را بازی می‌کند! باید یک بار برای همیشه این درس را به طور عمیق و کامل یاد بگیرید. از طرفی این را باید بدانید که در امتحان نهایی فیزیک باید راه حل‌هایی را بنویسید که در کتاب درسی به آن اشاره شده است و نمی‌توانید از روش‌های تستی در آن استفاده کنید. این موضوعات باعث شد ما تصمیم بگیریم که کتاب ماجرای بیست فیزیک ۱۰ را طوری بنویسیم که شما با خواندن آن و تمرین و تکرار روی آن به اهداف زیر برسید:

۱ یادگرفتن و حفظ‌شدن تمام تعاریف، مفاهیم و حفظیات آشکار و پنهان کتاب درسی ۲ یادگرفتن و حفظ‌شدن تمامی فرمول‌های فیزیک ۱۰ و موارد مرتبط از پایه که قابل استفاده در امتحان نهایی هستند (حتی فرمول‌های پنهان در تمارین آخر فصل) ۳ نحوه به کار بردن مفاهیم و فرمول‌ها در حین مواجهه با پرسش‌ها و مسئله‌ها ۴ کسب مهارت حل مسئله ۵ تسلط روی مثال‌ها، پرسش‌ها و تمرین‌های کتاب درسی

کتاب ماجرای بیست فیزیک شامل ۴ بخش عمده است که هر کدام را به طور مختصر برایتان توضیح می‌دهیم:

بخش ۱: درس‌نامه

ما هر فصل را به قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم کرده‌ایم و برای هر کدام از آن قسمت‌های کوچک یک درس‌نامه خوب و کاربردی نوشته‌ایم. در این بخش تمامی مفاهیم، تعاریف، فرمول‌ها و نکات ریز و درشت کتاب درسی بیان شده است و با مثال‌های فراوان به آن‌ها عمق بخشیده شده است تا با خواندن آن همه‌چیز را برای امتحان نهایی یاد گرفته باشید.

تیترها، کادرها و آیکون‌های مورد استفاده در درس‌نامه

تیتتر اصلی این تیتتر موضوع اصلی یک قسمت از درس‌نامه را مشخص می‌کند. مثلاً: **مکان، جابه‌جایی و مسافت**

تیتتر فرعی این تیتتر موضوع بخشی از یک تیتتر اصلی را بیان می‌کند. مثلاً: **جابه‌جایی**

تیتتر جزئی: این تیتتر موضوع یک مبحث از تیتتر فرعی را بیان می‌کند. مثلاً: **تفاوت جابه‌جایی و مسافت:**

کادرهای فرمول و تعریف: همه فرمول‌ها و تعریف‌هایی را که شما باید حفظ باشید، داخل کادر قرار داده‌ایم. مثل تعریف و فرمول تندی متوسط:

$$S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$$

تندی متوسط: به نسبت مسافت پیموده‌شده به مدت‌زمان طی آن مسافت، تندی متوسط می‌گوییم.

کادر این رو بخون که یادگیری: در این کادرها به شما گفته‌ایم چه‌طور از فرمول یا تعریفی که یاد گرفته‌اید، استفاده کنید؛ مثلاً در کادر زیر به شما گفته‌ایم که چه‌طور می‌توانید از فرمول $S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ برای به دست آوردن تندی متوسط در یک مسئله استفاده کنید.

این رو بخون که یادگیری

(در صفحه ۹ کتاب مشاهده کنید.)

کادر حالا خودت جواب بده: نوبتی هم باشه نوبت شماست! ما تعریف، فرمول و نحوه به کار بردن آن‌ها را برایتان گفتیم، حالا شما باید خودتان دست به کار شوید و آن‌ها را در یک سؤال به کار ببرید. این شما و این کادر حالا خودت جواب بده.

حالا خودت جواب بده

(در صفحه ۹ کتاب مشاهده کنید.)

آیکون‌ها: در درس‌نامه به آیکون‌هایی مثل **نکته**، **توجه**، **تذکر** و ... برخورد می‌کنید. همان‌طور که از اسمشان مشخص است باید دقتتان هنگام خواندن این‌جا چند برابر شود.

بخش ۲: سؤال‌های امتحانی

بعد از درس‌نامه هر درس سؤال‌های امتحانی آن درس قرار گرفته است. این سؤال‌ها شامل سؤال‌های امتحان نهایی‌های سال‌های گذشته به صورت طبقه‌بندی‌شده، سؤال‌های مشابهت‌سازی‌شده مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی و سؤال‌های تألیفی سخت و پیشرو است که به شما این اطمینان را بدهد که هر سؤالی که در امتحان نهایی فیزیکتان می‌آید، عین آن و یا مشابهش را قبلاً در کتاب فیزیک دهم ماجرای بیست دیده‌اید.

بخش ۳: پاسخ تشریحی

تمام سؤال‌های امتحانی این کتاب پاسخ تشریحی دارند تا هر موقع نتوانستید که سؤالی را حل کنید، با خیال راحت بروید سراغ بخش پاسخ تشریحی و آن‌جا مشکلاتان را حل کنید.

بخش ۴: امتحان‌های نوبت اول و دوم

۲ امتحان نوبت اول و ۴ امتحان نوبت دوم (که ۲ تا تألیفی و سخت است و ۲ تا هم امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۲ و خرداد ۱۴۰۳) به همراه پاسخ در انتهای کتاب قرار گرفته است که چیزی برای ۲۰ گرفتن در امتحان نوبت اول و امتحان نهایی کم نداشته باشید!

فهرست

فصل اول: فیزیک و اندازه‌گیری

- ۸ درس اول: فیزیک یک دانش بنیادی و ...
۱۲ درس دوم: کمیت‌های فیزیکی، اندازه‌گیری و ...
۱۷ درس سوم: تبدیل یکاها و نمادگذاری علمی
۲۲ درس چهارم: اندازه‌گیری و دقت وسیله‌های اندازه‌گیری
۲۵ درس پنجم: چگالی

فصل دوم: ویژگی‌های فیزیکی مواد

- ۳۲ درس اول: حالت‌های مختلف ماده
۳۵ درس دوم: نیروهای بین مولکولی، ترشوندگی و ...
۴۰ درس سوم: مفهوم فشار و فشار حاصل از جامدات
۴۱ درس چهارم: فشار در شاره
۴۹ درس پنجم: نیروی ناشی از فشار مایع
۵۲ درس ششم: اصل هم‌فشاری سطوح هم‌تراز در یک مایع
۵۳ درس هفتم: آزمایش توریچلی و فشارسنج هوا
۵۷ درس هشتم: لوله‌های لاشکل
۶۲ درس نهم: مانومتر و فشار پیمانه‌ای
۶۷ درس دهم: نیروی شناوری
۶۹ درس یازدهم: شار در حال حرکت و اصل برنولی

فصل سوم: کار، انرژی و توان

- ۷۴ درس اول: تعریف انرژی و بررسی دقیق انرژی جنبشی
۷۷ درس دوم: کار
۸۲ درس سوم: کار و انرژی جنبشی
۸۷ درس چهارم: کار و انرژی پتانسیل
۹۱ درس پنجم: پایستگی انرژی مکانیکی
۹۶ درس ششم: کار و انرژی درونی
۱۰۱ درس هفتم: توان و بازده

فصل چهارم: دما و گرما

- ۱۰۶ درس اول: دما و دماسنجی
۱۱۱ درس دوم: انبساط گرمایی
۱۲۱ درس سوم: گرما

- ۱۲۵ درس چهارم: تغییر حالت‌های ماده
۱۳۲ درس پنجم: تعادل گرمایی و دمای تعادل
۱۳۸ درس ششم: انتقال گرما
۱۴۳ درس هفتم: قوانین گازها

فصل پنجم: ترمودینامیک

- ۱۵۰ درس اول: معادله حالت و فرایندهای ترمودینامیکی
۱۵۲ درس دوم: تبادل انرژی و قانون اول ترمودینامیک
درس سوم: فرایندهای ترمودینامیکی خاص - بخش اول: فرایند هم‌حجم
۱۵۶ درس چهارم: فرایندهای ترمودینامیکی خاص - بخش دوم: فرایند هم‌فشار
۱۵۸ درس پنجم: فرایندهای ترمودینامیکی خاص - بخش سوم: فرایند هم‌دما
۱۶۱ درس ششم: فرایندهای ترمودینامیکی خاص - بخش چهارم: فرایند بی‌دررو
۱۶۴ درس هفتم: چرخه ترمودینامیکی
۱۶۸ درس هشتم: ماشین‌های گرمایی
۱۷۳ درس نهم: بازده ماشین‌های گرمایی و ...
۱۷۷ درس دهم: یخچال‌ها

پاسخ‌نامه تشریحی

۱۸۲

امتحانات

- ۲۳۷ نمونه امتحان نوبت اول (امتحان شماره ۱)
۲۳۹ نمونه امتحان نوبت اول (امتحان شماره ۲)
۲۴۱ نمونه امتحان نوبت دوم (نهایی خرداد ۱۴۰۳)
۲۴۳ نمونه امتحان نوبت دوم (هماهنگ کشوری خرداد ۱۴۰۲)
۲۴۵ نمونه امتحان نوبت دوم (امتحان شماره ۵)
۲۴۸ نمونه امتحان نوبت دوم (امتحان شماره ۶)
۲۵۱ پاسخ سؤال‌های امتحانی

فصل ۴: دما و گرما

درس ۱: دما و دماسنجی

دما چیست؟ ما با تمام سطح پوستمان گرمی و سردی را احساس می‌کنیم؛ مثلاً وقتی که یکی از دوستانمان سرما می‌خورد، با گذاشتن دستمان روی پیشانی‌اش، گرمی بدنش را به صورت کیفی می‌سنجیم تا بفهمیم که تب دارد یا نه! این‌که ما به کمک حس لامسه خود می‌توانیم گرمی و سردی اجسام و ... را تشخیص دهیم، خیلی خوب است، اما به هر حال یک حس است و چندان دقیق و قابل اعتماد نیست؛ علاوه بر این، قابل اندازه‌گیری هم نیست. پس برای این‌که مقدار گرمی و سردی یک جسم را به صورت کمی (عددی) اندازه بگیریم، نیاز به یک معیار دقیق و قابل اندازه‌گیری داریم. به همین خاطر، دانشمندان کمیتی به نام دما را تعریف کردند:

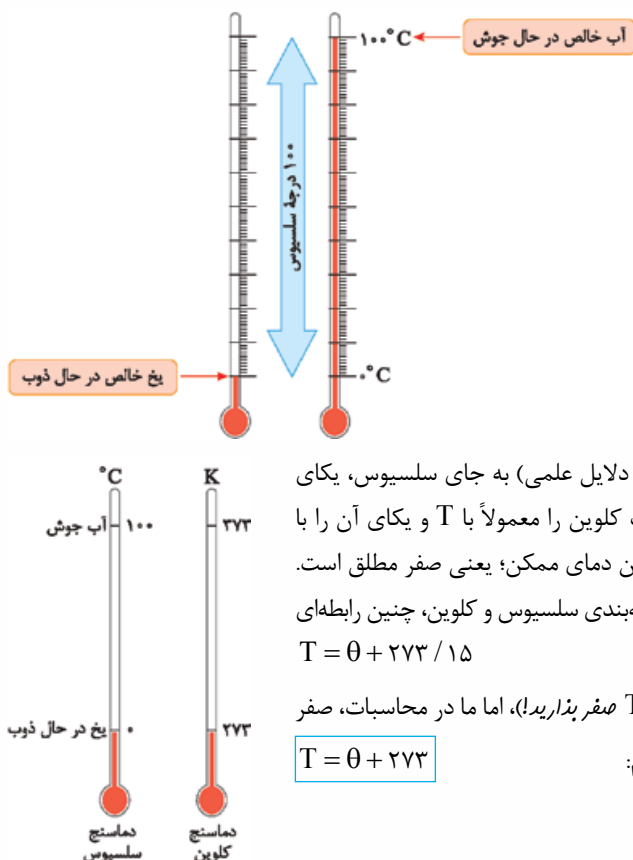
دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

دیدگاه میکروسکوپی دما از دیدگاه میکروسکوپی، دما وابسته به حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌های ماده است. به بیان دقیق‌تر، دمای هر جسم متناسب است با انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازنده آن؛ یعنی هر چه دمای جسمی بیشتر باشد، انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازنده آن هم بیشتر است. برای این‌که بتوانیم دمای یک جسم را اندازه بگیریم، نیاز به یک **مقیاس دماسنجی** و یک **کمیت دماسنجی** داریم. این‌که این دو اصطلاح چه هستند و به چه دردی می‌خورند، موضوعی است که می‌خواهیم در موردش صحبت کنیم.

مقیاس‌های دماسنجی

برای اندازه‌گیری دمای یک جسم نیاز به یک معیار یا مقیاس داریم که بتواند در مورد دمای آن جسم، یک عدد مشخص را به ما گزارش دهد؛ مثلاً وقتی که آب یخ می‌زند، بگویند که این دما چه قدر است. تا به الان، مقیاس‌های مختلفی برای اندازه‌گیری دما طراحی شده است. از بین این مقیاس‌ها، سه مقیاس خیلی مهم و معروف است که باید آن‌ها را بلد باشید:

۱. مقیاس دماسنجی سلسیوس اگر فقط یک بار پیش‌بینی وضع هوا را دیده باشید، حتماً اسم «درجه سلسیوس» را هم شنیده‌اید! این مقیاس که رایج‌ترین مقیاس دماسنج‌هاست، براساس دو نقطه ثابت دمایی شکل گرفته است: **نقطه اول**، دمایی است که در آن آب خالص در فشار ۱ جو (۱ atm)، شروع به یخ‌زدن می‌کند و **نقطه دوم**، دمایی است که در آن آب خالص در فشار ۱ جو (۱ atm)، به جوش می‌آید. به نقطه اول، عدد صفر و به نقطه دوم، عدد ۱۰۰ اختصاص می‌دهند. فاصله بین این دو نقطه را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و به هر قسمت، یک **درجه سلسیوس**^۱ یا یک **درجه سانتی‌گراد**^۲ می‌گویند. یکای درجه سلسیوس را با نماد °C و در فرمول‌ها، دما برحسب درجه سلسیوس را معمولاً با متغیر θ نشان می‌دهند.



۲. مقیاس دماسنجی کلونین از سال ۱۹۵۴ میلادی (به خاطر یک سری دلایل علمی) به جای سلسیوس، یکای دیگری به نام کلونین به عنوان مقیاس بین‌المللی دما انتخاب شد. دما برحسب کلونین را معمولاً با T و یکای آن را با نماد K (کلونین) نمایش می‌دهیم. در این مقیاس عدد صفر مربوط به پایین‌ترین دمای ممکن؛ یعنی صفر مطلق است. به خاطر همین، در این مقیاس دمای هیچ جسمی پایین‌تر از صفر نیست. بین درجه‌بندی سلسیوس و کلونین، چنین رابطه‌ای برقرار است:

$$T = \theta + 273 / 15$$

طبق این رابطه، صفر کلونین برابر $273 / 15$ °C است (اگر شک دارید، به پای T صفر بذارید)، اما ما در محاسبات، صفر کلونین را برابر 273 °C در نظر می‌گیریم و از رابطه روبه‌رو استفاده می‌کنیم:

$$T = \theta + 273$$

۱- سایر مقیاس‌های دماسنجی نیز براساس دو نقطه ثابت دمایی شکل می‌گیرند.

۲- آندرس سلسیوس، یک ستاره‌شناس سوئدی بود که این مقیاس دمایی را برای اولین بار پیشنهاد داد و به احترامش نام این یکا را سلسیوس گذاشتند.

۳- سانتی‌گراد یا همان centigrade از ترکیب دو واژه centi به معنی یک‌صدم و grade به معنی درجه ساخته شده است.

مثال 27°C می شود 300 K ؛ به زبان ریاضی: $T = 27 + 273 = 300\text{ K}$

نکته ۱ تغییرات دما در مقیاس های سلسیوس و کلون با هم برابر است. این موضوع از خود رابطه به سادگی اثبات می شود:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (\theta_2 + 273) - (\theta_1 + 273) = \theta_2 - \theta_1 = 273 - 273 \Rightarrow \Delta T = \Delta \theta$$

۲ همان طور که دیدید، پایین ترین دمای ممکن برای یک جسم، صفر کلون است (حد پایین دما)، اما حد بالایی برای دما وجود ندارد.

حالا خودت جواب بده

(مشابه پرسش کتاب درسی)

مثال دماهای زیر را بر حسب درجه سلسیوس به دست آورید.

ب) 27 K

الف) 0 K

ت) 364 K

پ) 273 K

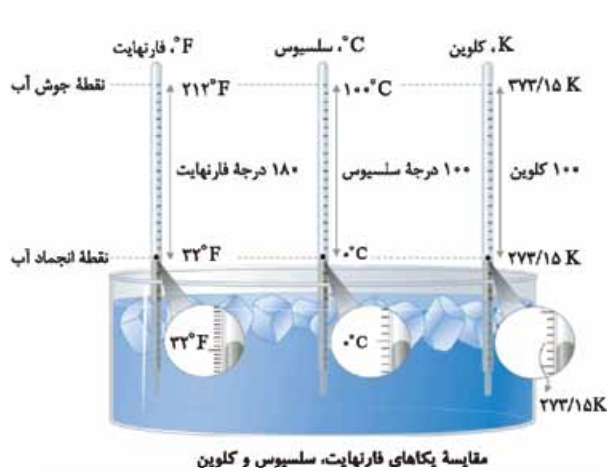
پاسخ اگر در رابطه $T = \theta + 273$ ، به جای T مقدارش را قرار دهید، θ به سادگی به دست می آید:

الف) $0 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = -273^{\circ}\text{C}$ (صفر مطلق)

ب) $27 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = -246^{\circ}\text{C}$

پ) $273 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = 0^{\circ}\text{C}$

ت) $364 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = 91^{\circ}\text{C}$



۳. مقیاس دماسنجی فارنهایت

یکی دیگر از مقیاس های رایج دماسنجی، مقیاس فارنهایت است که هنوز هم در صنعت و هواشناسی کاربرد دارد. دما بر حسب فارنهایت را در فرمول ها با نماد F و یکای آن را با $^{\circ}\text{F}$ نشان می دهند. در این مقیاس، عدد 32°F دمایی است که در آن آب یخ می زند و عدد 212°F دمایی است که در آن آب به جوش می آید. با کمی حساب و کتاب، می فهمیم که رابطه بین درجه بندی سلسیوس و فارنهایت به صورت زیر است:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32$$

این رو بخون که یادگیری

مثال یک مرکز هواشناسی دمای هوا را 77°F گزارش داده است، برای این که بدانیم دما بر حسب سلسیوس چه قدر است، باید مقدار F را در رابطه

جای گذاری کنیم تا مقدار θ به دست آید:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 77 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow \frac{77 - 32}{\frac{9}{5}} = \theta \Rightarrow \theta = 45 \times \frac{5}{9} \Rightarrow \theta = 25^{\circ}\text{C}$$

حالا خودت جواب بده

مثال اگر دمای هوا 1°F زیاد شود، بر حسب سلسیوس چند درجه افزایش می یابد؟

پاسخ گام اول: ابتدا ببینیم تغییر دما در مقیاس سلسیوس و فارنهایت چه رابطه ای دارد:

$$\Delta F = F_2 - F_1 = \left(\frac{9}{5}\theta_2 + 32\right) - \left(\frac{9}{5}\theta_1 + 32\right) = \frac{9}{5}(\theta_2 - \theta_1) = \frac{9}{5}\Delta\theta \Rightarrow \Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta$$

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{5}{9}\Delta F = \frac{5}{9} \times 1 = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}$$

گام دوم: حالا با یک جای گذاری ساده طرفیم:

همین طور که می بینید، درجه های این مقیاس کوچک تر از درجه های سلسیوس است. به همین خاطر هنوز در هواشناسی برخی کشورها، از این مقیاس استفاده می شود؛ چرا که وضع هوا را با دقت بیشتری گزارش می دهد.

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta\theta = \frac{9}{5}\Delta T$$

نتیجه: با توجه به مثال قبل، بین تغییرات دما در سه مقیاس سلسیوس، کلون و فارنهایت، رابطه روبه رو برقرار است:

تعیین رابطه یک مقیاس دمایی نامعلوم بر حسب θ (برای حرفه ای ها) به صورت کلی، اگر مقیاس نامعلومی مثل X داشته باشیم، بین X و θ

$$X = m\theta + x_0$$

چنین رابطه ای وجود دارد:

حالا اگر بخواهیم رابطه مقیاس X را به صورت دقیق مشخص کنیم، کافی است که دمای دو نقطه مشخص را بر حسب سلسیوس و X داشته باشیم تا با نوشتن دو معادله و دو مجهول، m (شیب خط) و x_0 (عرض از مبدأ) را پیدا کنیم.

۱- اگر به بخش هواشناسی سایت یاهو سری بزنید، این مقیاس دما را حتماً خواهید دید.

این رو بخون که یاد بگیری

مثلاً اگر بخواهیم رابطه بین درجه سلسیوس و فارنهایت را خودمان به دست آوریم، از نقطه جوش آب و نقطه ذوب یخ استفاده می‌کنیم که مقادیرش را در هر دو مقیاس می‌دانیم:

نقطه ذوب یخ (32°F , 0°C):
 نقطه جوش آب (212°F , 100°C):

در نتیجه:

$$F_1 = 32, \theta_1 = 0 \Rightarrow 32 = 0 \times m + x_0 \Rightarrow x_0 = 32$$

$$F_2 = 212, \theta_2 = 100 \Rightarrow 212 = 100m + 32 \Rightarrow m = \frac{9}{5}$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32$$

حالا خودت جواب بده

مثال دماسنجی دمای جوش آب را 400°C و دمای 90°C را 350 نشان می‌دهد.

الف) رابطه این مقیاس دماسنجی را با مقیاس سلسیوس بنویسید. ب) این دماسنج دمای 25°C را چند درجه نشان می‌دهد؟

پاسخ الف) بین این مقیاس دماسنجی و سلسیوس رابطه کلی $x = m\theta + x_0$ وجود دارد و مختصات دو نقطه از این معادله را هم می‌دانیم؛ پس با نوشتن دو معادله و دو مجهول می‌توانیم a و b را به دست آوریم:

$$x_1 = m\theta_1 + x_0 \Rightarrow 350 = 90m + x_0 \quad (1)$$

$$x_2 = m\theta_2 + x_0 \Rightarrow 400 = 100m + x_0 \quad (2)$$

تفاضل (1) از (2) $\rightarrow (400 - 350) = (100 - 90)m \Rightarrow m = 5$

جای‌گذاری در رابطه (2) $\rightarrow 400 = 100 \times 5 + x_0 \Rightarrow x_0 = -100 \Rightarrow x = 5\theta - 100$

ب) به جای θ ، عدد 25 را قرار می‌دهیم تا x (دمای بدن در این مقیاس) معلوم شود:

$$x = 5\theta - 100 \xrightarrow{\theta = 25^{\circ}\text{C}} x = 5 \times 25 - 100 = 25$$

همان‌طور که می‌بینید، این دماسنج دمای 25°C را همان 25 نشان می‌دهد.

کمیت دماسنجی و دماسنج‌ها

برای این که بتوانیم دما را اندازه بگیریم،

نیاز به یک مشخصه (کمیت) داریم که با تغییر دما، تغییر کند و البته قابل اندازه‌گیری باشد. در اصطلاح به این مشخصه، **کمیت دماسنجی** گفته می‌شود.

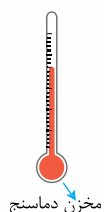
دو نمونه از این مشخصه‌ها را ببینیم:

- با تغییر دمای مایعی که درون یک لوله نازک قرار دارد، ارتفاع مایع کم یا زیاد می‌شود. یعنی با تغییر ارتفاع مایع، دمای مایع هم تغییر می‌کند؛ پس در این‌جا ارتفاع مایع می‌تواند یک کمیت دماسنجی باشد. (دماسنج‌های مایعی)
- با تغییر دمای گازی که درون یک حباب شیشه‌ای محبوس قرار دارد، فشار گاز هم تغییر می‌کند. یعنی با تغییر فشار گاز، دمای مایع هم تغییر می‌کند؛ پس در این‌جا فشار گاز می‌تواند یک کمیت دماسنجی به حساب آید.

دماسنج به دستگاه اندازه‌گیری دما، دماسنج می‌گوییم. تمام دماسنج‌ها یک کمیت دماسنجی دارند که با تغییر آن متوجه تغییر دما می‌شویم. دماسنج‌ها تنوع زیادی دارند، در حد کتاب درسی، لازم است ساختار چند دماسنج را بدانید:

دماسنج‌های مایعی در این دماسنج‌ها کمیت دماسنجی، ارتفاع مایع درون لوله است. به این صورت که مایع درون لوله با افزایش دما، منبسط و با کاهش دما منقبض می‌شود. ساده‌ترین و رایج‌ترین این دماسنج، دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای هستند. برای اندازه‌گیری دمای جسم به کمک این نوع دماسنج لازم است که جسم موردنظر مدتی در تماس کامل با مخزن دماسنج باشد. در شکل روبه‌رو طرح کلی این دماسنج مایعی را می‌بینید.

نکته هر چه قطر لوله دماسنج مایعی کوچک‌تر، ضخامت دیواره مخزن آن نازک‌تر و مایع درون مخزن بیشتر باشد، دماسنج دقیق‌تر است.



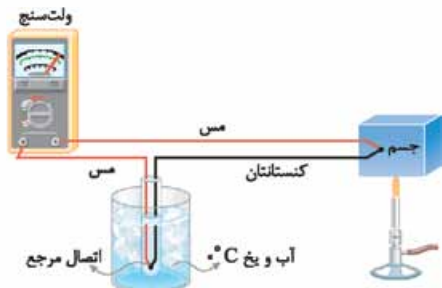
نوجه این دماسنج‌ها تا زمانی کار می‌کنند که مایع داخل آن منجمد یا تبخیر نشود؛ مثلاً با دماسنج الکلی (با الکل خالص) نمی‌توانیم دمای آب جوش را اندازه بگیریم؛ چرا که نقطه جوش الکل 78°C است و الکل درون دماسنج قبل از رسیدن به دمای 100°C دیگر تبخیر شده است.



دماسنج تابشی دماسنج تابشی: این دماسنج براساس آشکارسازی شدت تابش گرمایی کار می‌کند.

دماسنج ترموکوپل شکل زیر ساختمان یک دماسنج ترموکوپل را نشان می‌دهد. در این دماسنج اختلاف پتانسیل الکتریکی با تغییر دما، تغییر می‌کند؛ یعنی کمیت دماسنجی این دماسنج، اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

طرز کار: مطابق شکل، با دو سیم فلزی غیرهم‌جنس (مثلاً مس و کنستانتان) و یک ولت‌سنج مداری را می‌بندیم. سپس این دو سیم در یک نقطه که دمای آن را نمی‌دانیم، به هم وصل می‌شوند و از طرف دیگر در دمای ذوب یخ قرار می‌گیرند. مشاهده می‌کنیم که با افزایش دمای نقطه مجهول، ولتاژ دو سر سیم‌های غیرهم‌جنس بیشتر می‌شود. اگر این آزمایش را چندین بار تکرار کنیم، می‌بینیم که در هر دمایی، ولتاژ مشخصی داریم. با مدرج کردن این ولت‌سنج برحسب دما، یک دماسنج ترموکوپل خواهیم داشت.



۱- البته در دماسنج‌های الکلی جدید، از موادی در ترکیب الکل استفاده می‌شود تا در دمای بالاتری تبخیر شود و بتواند دمای جوش آب را اندازه بگیرد.

نکته گستره دماسنجی ترموکوپل‌ها با هم فرق دارد و بستگی به جنس سیم‌های استفاده‌شده در آن دارد؛ مثلاً در یکی از این ترموکوپل‌های رایج که جنس سیم‌های آن از آلیاژ آلومل و کرومل است، گستره دماسنجی از 270°C تا 1372°C است.^۱ مزیت‌های ترموکوپل چیست؟

- ۱ به خاطر جرم کوچک محل اتصال، سرعت اندازه‌گیری بالایی دارد؛ چرا که خیلی سریع با تغییرات دمای محیط، تغییر می‌کند.
- ۲ گستره دماسنجی زیادی دارد و می‌تواند دماهای بالا را اندازه بگیرد.
- ۳ در مدارهای الکترونیکی قابل استفاده است و در بسیاری از وسایل صنعتی، گرمایشی و سرمایشی به کار می‌رود.



دماسنج بیشینه - کمینه^۲ این دماسنج، نوع خاصی از دماسنج‌های مایعی است که بیشینه و کمینه دما را در مدت زمان معینی نشان می‌دهد. از این دماسنج معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و... استفاده می‌کنند. در شکل مقابل، طرحی از این دماسنج را می‌بینید.

طرز کار: همان‌طور که از شکل پیداست، دو شاخص فولادی در لوله سمت راست و چپ این دماسنج وجود دارد. کار این شاخص‌ها، تعیین دمای بیشینه و کمینه است؛ به این صورت که اگر سطح جیوه در لوله سمت راست پایین بیاید، شاخص فولادی همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود، یعنی در مقابل دمای بیشینه می‌ایستد. از طرفی اگر سطح جیوه در لوله سمت چپ پایین بیاید، شاخص فولادی سمت چپ همراه با آن حرکت نمی‌کند و در همان محل قبلی خود، یعنی در مقابل دمای کمینه می‌ایستد. پس از تمام‌شدن مدت زمان معین، این شاخص‌های فولادی به کمک آهنربا به سطح جیوه برگردانده می‌شوند.

توجه در طراحی جدید این نوع دماسنج‌ها، به علت سمی بودن جیوه از مایع ترکیبی جدیدی به عنوان جایگزین استفاده می‌شود.

دماسنج‌های معیار از بین این دماسنج‌ها، دانشمندان سه دماسنج را به عنوان دماسنج‌های معیار برای اندازه‌گیری گستره دماهای مختلف پذیرفته‌اند:

۱. **دماسنج گازی** براساس قانون گازها کار می‌کند.
۲. **دماسنج مقاومت پلاتینی** اساس کار این دماسنج، مبتنی بر تغییر مقاومت الکتریکی با دماست. (سال بعد در موردش می‌خوانید).
۳. **تفسنج (پیرومتر)** براساس تابش گرمایی کار می‌کند.^۳

توجه دماسنج ترموکوپل تا سال ۱۹۹۰ میلادی جزء دماسنج‌های معیار شمرده می‌شد، اما به دلیل دقت پایین‌تر نسبت به دیگر دماسنج‌های معیار، از دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد. البته به دلیل کاربرد زیاد این دماسنج در آزمایشگاه، هنوز هم از دماسنج‌های مهم حساب می‌شود، ولی دیگر دماسنج معیار نیست!

سؤال‌های امتحانی

■ درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.

۵۵۵- به هر مشخصه قابل اندازه‌گیری که با گرمی و سردی جسم تغییر می‌کند، دما می‌گوییم.

۵۵۶- تغییرات دما در مقیاس‌های کلون و درجه سلسیوس با هم برابر است.

۵۵۷- هر چه ضخامت دیواره مخزن یک دماسنج مایعی بیشتر باشد، دماسنج، دما را دقیق‌تر نشان می‌دهد.

۵۵۸- دما در مقیاس فارنهایت همواره مثبت خواهد بود.

۵۵۹- دما معیاری از انرژی جنبشی کل ماده است.

■ جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید.

۵۶۰- میزان گرمی و سردی اجسام با معیار مشخص می‌شود.

۵۶۱- در دماسنج ترموکوپل، کمیت دماسنجی است.

۵۶۲- دماسنج‌های ، ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج هستند.

۵۶۳- در ترموکوپل هر چه اختلاف دو اتصال بیشتر باشد، ولتاژ دو سر سیم‌های غیرهم‌جنس بیشتر می‌شود.

۵۶۴- در دماسنج‌های مایعی، کمیت دماسنجی، است.

۵۶۵- دماسنج نوع ویژه‌ای از دماسنج‌ها است که معمولاً در مراکز باغداری و هواشناسی استفاده می‌شود.

■ عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

۵۶۶- دما (کمیتی - یکایی) است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند.

۵۶۷- دما بر حسب کلون را با (T - K) نشان می‌دهند.

۵۶۸- دماسنج ترموکوپل به خاطر جرم کوچک محل اتصال، (دقت - سرعت) اندازه‌گیری بالایی دارد.

۵۶۹- در مقیاس (سلسیوس - کلون) به دمایی که در آن آب خالص در فشار یک اتمسفر شروع به یخ‌زدن می‌کند، عدد صفر را نسبت می‌دهند.

۵۷۰- صفر مطلق یا همان صفر کلون برابر (۲۷۳/۱۵ - ۲۷۳/۱۵) درجه سانتی‌گراد است.

۵۷۱- گستره دماسنجی ترموکوپل به (جنس - طول) سیم‌های آن بستگی دارد.

۱- حفظ کردن گستره دقیق دماسنجی و جنس سیم‌ها و آلیاژها ضرورت ندارد.

۲- این دماسنج در فعالیت ۴-۲ کتاب درسی معرفی شده است.

۳- البته کتاب درسی فقط به ذکر نام دماسنج‌های معیار بسنده کرده و چیزی در موردشان نگفته! پس فقط دانستن نام این دماسنج‌ها کفایت می‌کند.

۵۷۲- در اندازه‌گیری دماهای بالا، دماسنج (الکلی - جیوه‌ای) بهتر است.

۵۷۳- تغییر (کمیت دماسنجی - دمای محیط) اساس کار دماسنج‌هاست.

۵۷۴- اساس کار دماسنج تابشی مبتنی بر (قانون گازهای کامل - آشکارسازی شدت تابش گرمایی) است.

۵۷۵- مقیاس دمایی (سلسیوس - فارنهایت) در صنعت و هواشناسی هم کاربرد دارد.

■ به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

۵۷۶- چرا خودمان با لمس پیشانی‌مان نمی‌توانیم متوجه داشتن یا نداشتن تب شویم؟

۵۷۷- برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کرد؟

۵۷۸- مزیت‌های ترموکوپل را بنویسید.

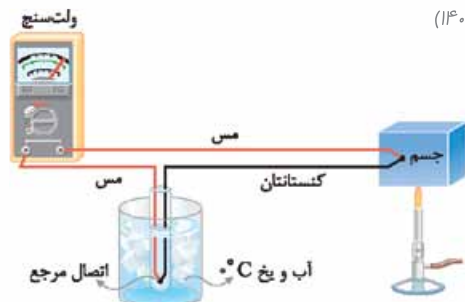
۵۷۹- دانشمندان چه دماسنج‌هایی را به عنوان دماسنج‌های معیار پذیرفته‌اند؟ آن‌ها را نام ببرید.

۵۸۰- دماسنج ترموکوپل به چه علت از مجموعه دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد؟

۵۸۱- (الف) شکل مقابل چه دماسنجی را نشان می‌دهد؟

(ب) کمیت دماسنجی در آن چیست؟

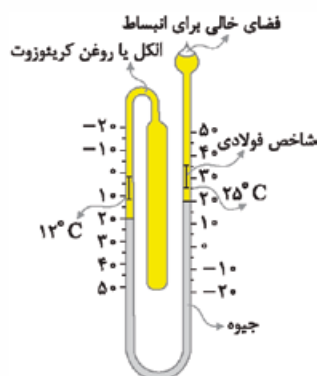
(هماهنگ کشوری ریاضی فردا ۱۴۰۲)



۵۸۲- (الف) دماسنج شکل مقابل چه دماسنجی را نشان می‌دهد؟

(ب) کار این دماسنج چیست؟

(پ) در چه جاهایی از این دماسنج استفاده می‌شود؟



۵۸۳- چرا در دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی لوله باریک باید خالی از هوا باشد؟

۵۸۴- میانگین دما در سطح کره زمین تقریباً 15°C است. این دما را بر حسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

۵۸۵- در یک روز زمستانی، دمای هوای نیویورک در سردترین زمان به 32°F و در گرم‌ترین زمان به 50°F می‌رسد. این دماها را بر حسب سلسیوس و کلوین به دست آورید.

۵۸۶- 373 K معادل چند درجه فارنهایت است؟

۵۸۷- دمای سه جسم A، B و C به صورت زیر گزارش شده است. براساس روابط بین مقیاس‌های دمایی، جدول زیر را کامل کنید.

	$\theta (^{\circ}\text{C})$	T (K)	F ($^{\circ}\text{F}$)
A	۳۰		
B		۳۶۳	
C			۱۳۱

۵۸۸- دمای جسمی 300 K است. اگر دمای جسم 100 K افزایش یابد، دمای جسم چند درجه سلسیوس می‌شود؟

۵۸۹- در سال ۲۰۰۷، بیشترین دمای ثبت‌شده در اروپا، 47°C بود؛ در همین سال، دما در آمریکا به 131°F رسیده بود. اختلاف دمای این دو منطقه چند کلوین است؟

۵۹۰- دمای جسمی را 50°C افزایش می‌دهیم. دمای این جسم چند درجه فارنهایت افزایش می‌یابد؟

۵۹۱- در چه دمایی (بر حسب کلوین)، عددی که دماسنج کلوین نشان می‌دهد، چهار برابر عددی است که دماسنج سلسیوس نشان می‌دهد؟

۵۹۲- سه دماسنج سلسیوس، کلوین و فارنهایت در یک محیط قرار دارند.

(الف) در چه دمایی عددی که دماسنج سلسیوس نشان می‌دهد، همان عددی است که دماسنج فارنهایت نشان می‌دهد؟

(ب) در چه دمایی عددی که دماسنج کلوین نشان می‌دهد، همان عددی است که دماسنج فارنهایت نشان می‌دهد؟

(مشابه پرسش کتاب درسی)

(برگرفته از تمرین کتاب درسی)

۵۹۳- دو دماسنج فارنهایت و سلسیوس در یک محیط قرار دارند. اگر عددی که دماسنج فارنهایت نشان می‌دهد، ۵ برابر عددی که دماسنج سلسیوس

نشان می‌دهد باشد، دمای محیط چند درجه فارنهایت است؟

۵۹۴- دماسنجی دمای جوش آب را ۵۲۱ و دمای 90°C را ۴۵۱ نشان می‌دهد.

الف) رابطه این مقیاس دماسنجی را با مقیاس سلسیوس بنویسید.

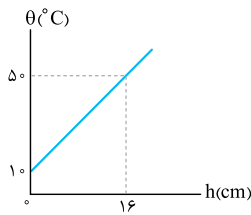
ب) این دماسنج دمای بدن انسان را چند درجه نشان می‌دهد؟

۵۹۵- نمودار دما برحسب ارتفاع مایع دماسنج به صورت مقابل است:

الف) رابطه دما با ارتفاع را به دست آورید.

ب) اگر طول لوله دماسنج ۴۰ cm باشد، بیشترین دمایی که دماسنج می‌تواند اندازه بگیرد، چند درجه

سلسیوس است؟



درس ۲: انبساط گرمایی

انبساط گرمایی چیست؟

چرا درهای فلزی بعضی از خانه‌ها در صبح زود و شب به راحتی باز می‌شوند، اما سر ظهر فقط به زور باز می‌شوند؟! و یا اصلاً چرا وقتی دما زیاد می‌شود، مایع داخل دماسنج بالا می‌رود؟ داستان چیست؟!

دلیل این اتفاقات به ساختار مولکولی ماده برمی‌گردد. در واقع، وقتی دمای ماده‌ای بالا می‌رود، اتم‌ها یا مولکول‌های آن بیشتر تکان می‌خورند و از هم دورتر می‌شوند؛ نتیجه این اتفاق، افزایش حجم ماده است. غیر از چند مورد خاص،

بیشتر مواد با افزایش دما، حجمشان زیاد می‌شود. به این پدیده **انبساط گرمایی** می‌گویند.

انبساط هم برایمان مفید است و هم گاهی مایه دردسر؛ جدول زیر را ببینید:

جنبه‌های مفید	اساس کار بیشتر دماسنج‌ها و ترموستات‌ها
جنبه‌های دردسرساز	ایجاد مشکل در ساختن پل‌ها، ساختمان‌ها، خط آهن‌ها، خطوط انتقال نیرو و سوخت

این رو بخون که یادگیری

مثال اگر دمای یک استوانه توخالی فلزی را افزایش دهیم، با افزایش دما، فاصله بین همه مولکول‌های ماده افزایش می‌یابد، پس هم قطر داخلی و هم ارتفاع این استوانه فلزی افزایش می‌یابد.

نتیجه در انبساط یک جسم، فاصله بین تمام نقاط افزایش می‌یابد.

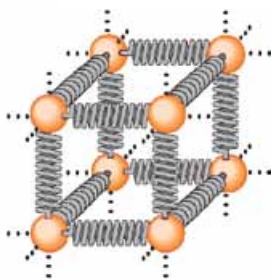
حالا خودت جواب بده

مثال چرا باید ماده پرکننده دندان همان مشخصه‌های انبساط گرمایی دندان را داشته باشد؟

پاسخ انبساط گرمایی مواد مختلف با هم فرق دارد، برای همین باید جنس ماده پرکننده دندان با خود دندان یکی باشد، چرا که در غیر این صورت به احتمال زیاد دندان‌ها شکسته خواهند شد!

نتیجه مواد مختلف نسبت به تغییر دمای یکسان، به طور یکسان منبسط نمی‌شوند.

توجیه میکروسکوپی انبساط گرمایی



۱ در جامدها مطابق شکل، نیروی بین اتمی مثل فنر عمل می‌کند. برای همین می‌توان اتم‌ها را ذراتی در نظر گرفت که با فنرهایی به اتم‌های مجاور متصل شده‌اند. این اتم‌ها پیرامون مکان‌های تعادلی خود با دامنه کم، نوسان می‌کنند. با افزایش دمای جسم جامد، انرژی جنبشی و دامنه نوسان اتم‌ها افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که فاصله متوسط بین این اتم‌ها زیاد شود؛ یعنی جسم منبسط شود.

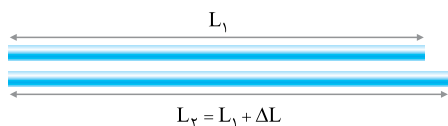
۲ در مایع‌ها هم با افزایش دما، حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها بیشتر می‌شود. این افزایش حرکت باعث می‌شود که اتم‌ها و مولکول‌ها در تمام جهات، فاصله بیشتری از هم بگیرند (از هم دورتر شوند) و در نتیجه حجم مایع افزایش یابد.

انبساط جامدات

انبساط در بیشتر اجسام به صورت افزایش حجم خودش را نشان می‌دهد. با این حال، در جامدات به خاطر ثابت ماندن شکل ظاهری‌شان، علاوه بر انبساط حجمی، انبساط به صورت **طولی** و **سطحی** هم مشاهده می‌شود که لازم است با جزئیات هر کدام آشنا شوید:

۱. انبساط طولی الف هر چه دمای یک میله را بیشتر کنید، خواهید دید که طول میله بلندتر می‌شود ($\Delta L \propto \Delta T$).

ب حالا اگر به جای همین میله، از یک میله بلندتر استفاده کنید و به اندازه همان میله قبلی، دمایش را زیاد کنید، می‌بینید که افزایش طول میله بیشتر از میله قبلی است ($\Delta L \propto L_1$).



ب اگر جنس این میله را هم عوض کنید و باز هم به همان اندازه قبل دمایش را افزایش دهید، افزایش طول میله با میله قبل فرق خواهد کرد ($\Delta L \propto \alpha$).

نتیجه: تغییر طول یک میله (ΔL)، به سه عامل تغییر دما (ΔT)، طول اولیه (L_1) و جنس آن (α) بستگی دارد. به بیان ریاضی: $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$

معرفی کمیت: به α ضریب انبساط طولی میله می‌گویند که به جنس میله بستگی دارد.

برای تعیین یکای α به سراغ رابطه‌ای که در آن حضور دارد، می‌رویم:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta L(m)}{L_1(m) \Delta T(K \text{ یا } ^\circ C)} \Rightarrow \alpha \text{ یکای } 1/^\circ C \text{ یا } 1/K$$

نکته اگر طول نهایی میله خواسته شود، می‌توانید از رابطه مقابل استفاده کنید: $\Delta L = L_2 - L_1 = L_1 \alpha \Delta T \Rightarrow L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta T)$

توجه یکاهای L_1 و ΔL فقط باید یکسان باشند و اصلاً مهم نیست که برحسب SI باشند یا نه!

نکته مفهومی خوب است بدانید که α علاوه بر جنس ماده، به دما نیز اندکی وابسته است، اما به خاطر ناچیز بودنش، در محاسبات معمولی نادیده‌اش می‌گیریم.

این رو بخون که یادگیری

مثال طول یک لوله مسی در دمای صفر درجه سلسیوس، ۲ m است. در اثر جریان آب گرم، دمای آن به $100^\circ C$ می‌رسد. می‌خواهیم بدانیم افزایش طول لوله چند میلی‌متر است. برای این کار ابتدا به کمک رابطه انبساط طولی، افزایش طول را به دست می‌آوریم و سپس افزایش طول را برحسب میلی‌متر حساب می‌کنیم: $(\alpha_{\text{مس}} = 1/2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1})$

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (1/2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1})(2m)(100^\circ C - 0^\circ C) = 1/4 \times 10^{-3} m = 1/4 \times 10^{-3} \times 10^3 \text{ mm} = 1/4 \text{ mm}$$

حالا خودت جواب بده

مثال پل صدر تهران در پایین‌ترین دما، حدوداً ۶ کیلومتر طول دارد و در ساخت این پل، از آلیاژی با ضریب انبساط طولی $10^{-5} K^{-1}$ استفاده شده است. با فرض آن که حداقل دمای تهران در زمستان به $5^\circ C$ و در تابستان به دمای حداکثر $35^\circ C$ برسد:

الف) در اثر این اختلاف دما، بیشترین تغییر طول ممکن پل چند متر است؟

ب) برای رفع مشکل انبساط چه باید کرد؟

پاسخ الف بیشترین اختلاف دما $\Delta T = 35 - (-5) = 40^\circ C$ است؛ پس میزان انبساط پل برابر است با:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T = (6 \times 10^3 m)(10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1})(40^\circ C) = 2/4 m$$

ب همان‌طور که دیدید، این پل حدود ۲/۴ m می‌تواند منبسط شود که اصلاً مقدار کمی نیست؛ از طرفی نمی‌توان یک فضای خالی ۲/۴ متری هم ایجاد کرد. برای همین در پل‌ها از تعدادی بست انبساطی انگشتی که از جنس فلز هستند، استفاده می‌شود تا انبساط باعث تخریب پل نشود.



نمونه‌ای از بست‌های انبساطی

نکته مفهومی در رابطه انبساط طولی، تغییر طول حتماً نباید برای یک میله باشد؛ یعنی لزومی ندارد که طول جسم نسبت به سطح مقطعش بزرگ باشد. در واقع این رابطه برای هر گونه تغییر طولی مثل تغییر قطر استوانه، تغییر محیط یک حلقه و به طور کلی تغییر فاصله بین دو نقطه روی یک صفحه نیز برقرار است.

حالا خودت جواب بده

مثال طول ضلع مربعی در دمای $0^\circ C$ ، $10\sqrt{2} m$ است. اگر دمای آن را به $60^\circ C$ برسانیم، قطر مربع چند متر خواهد شد؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-5} / K$)

پاسخ گام اول: ابتدا به سراغ رابطه فیثاغورس می‌رویم تا ببینیم که قبل از افزایش دما، قطر مربع چند متر است:

$$x_1 = \sqrt{2}a = \sqrt{2} \times 10 \times \sqrt{2} = 20 m$$

گام دوم: حالا مقدار افزایش قطر مربع را به دلیل افزایش دما حساب می‌کنیم:

$$\Delta x = (20m)(2 \times 10^{-5} / K)(60^\circ C) = 0/024 m$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x = 20 m + 0/024 m = 20/024 m$$

گام سوم: از جمع کردن این مقدار با قطر اولیه، طول قطر نهایی به دست می‌آید:

البته این مقدار را مستقیم هم می‌شود حساب کرد:

$$x_2 = x_1 (1 + \alpha \Delta T) = (20m) \left(1 + \frac{2 \times 10^{-5} K^{-1} (60^\circ C)}{1/2 \times 10^{-3}} \right) = 20/024 m$$

توجه از آن‌جا که تغییرات دما برحسب سلسیوس و کلون با هم برابر است، در محاسبات K^{-1} ساده می‌شود.

همون‌طور که می‌بینی، تو این حالت محاسبات پیچیده‌تره! پس بهتره که همون اول افزایش طول رو حساب کنیم و بعد با طول اولیه جمع کنیم.



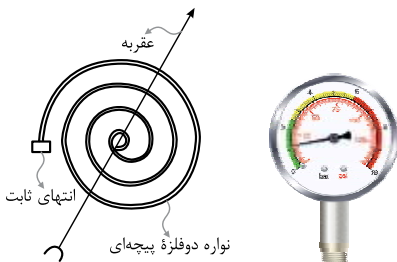
آزمایش اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی وسیله‌های مورد نیاز: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی، چند لوله فلزی توخالی، ارلن با لوله جانبی و درپوش، لوله لاستیکی، دماسنج، مجموعه پایه و گیره و چراغ الکلی. شرح آزمایش: مطابق شکل:



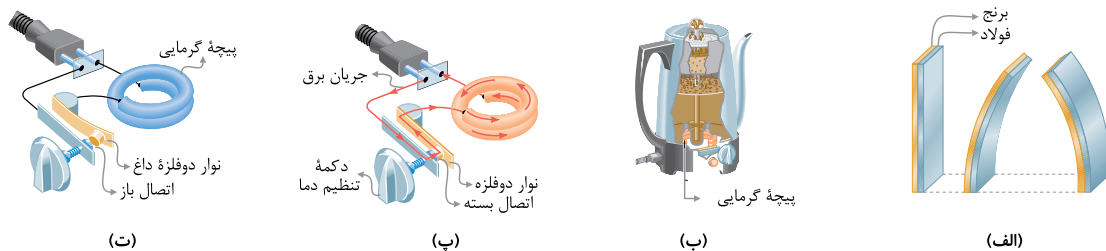
- ۱ ابتدا طول لوله توخالی (L_1) و دمای اولیه (θ_1) را اندازه می‌گیریم.
- ۲ در ارلن مقداری آب می‌ریزیم و به آن گرما می‌دهیم تا آب به جوش آید.
- ۳ آن قدر صبر می‌کنیم تا بخار آب از لوله خارج و لوله توخالی کاملاً گرم شود و سپس دمای دماسنج را می‌خوانیم (θ_2).
- ۴ افزایش طول میله توخالی را با ریزسنج متصل به دستگاه اندازه می‌گیریم (ΔL).
- ۵ حالا با استفاده از رابطه ($\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$) ضریب انبساط طولی را حساب می‌کنیم.

دماسنج نواری دوفلزه (بی‌مثال) یکی از کاربردهای انبساط طولی در ساختن دماسنج‌های نواری دوفلزه است. در این دماسنج مطابق شکل، دو نوار فلزی (تیغه فلزی) با جنس متفاوت به هم جوش یا پرچ داده می‌شوند. از آنجایی که ضریب انبساط این فلزات با هم فرق دارد، با تغییر دما، یکی از این نوارها نسبت به دیگری تغییر طول بیشتری دارد. حالا چون دو نوار کاملاً به هم پرچ شده‌اند، یکی از این نوارها به سمت دیگری خم می‌شود. از همین ویژگی، یعنی خم‌شدن نوارها، برای اندازه‌گیری دما و ساختن دماسنج استفاده می‌شود.

نکته میله با ضریب انبساط بیشتر، کمان خارجی و میله با ضریب انبساط طولی کمتر، کمان داخلی دماسنج را تشکیل می‌دهد.



دماپا (ترموستات) دماپا شامل دو تیغه فلزی با طول یکسان و جنس‌های متفاوت است که به طور کامل به هم متصل شده‌اند؛ به طوری که در هنگام گرم‌شدن، تیغه با ضریب انبساط بیشتر، کمان خارجی و تیغه با ضریب انبساط کمتر کمان داخلی را تشکیل می‌دهد. (شکل الف)

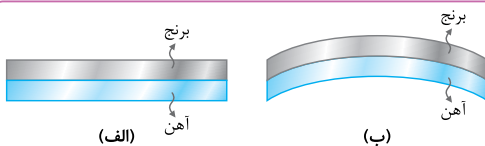


طرز کار: کار دماپا، قطع و وصل جریان الکتریکی به کمک حسگرهای گرمایی است؛ به این صورت که وقتی دمای تیغه فلزی به مقدار مشخصی می‌رسد، بر اثر خم‌شدن نوار، جریان قطع می‌شود (شکل ت) و وسیله الکتریکی از کار می‌افتد. با از کار افتادن وسیله الکتریکی، دمای تیغه کاهش می‌یابد و تیغه به حالت قبل خود برمی‌گردد و نتیجه این اتفاق، اتصال دوباره جریان و به کار افتادن وسیله الکتریکی است (شکل پ). دماپا در داخل مدار الکتریکی وسایل الکتریکی مانند یخچال، آبگرم‌کن، کتری برقی و ... به کار می‌رود (شکل ب).
نکته از نوارهای دوفلزه به عنوان حسگرهای گرمایی در دماپا استفاده می‌شود.

این رو بخون که یاد بگیری

مثان

مطابق شکل (الف)، دو نوار فلزی هم‌طول به هم متصل شده‌اند. از آنجا که ضریب انبساط طولی برنج بیشتر از آهن است، با افزایش دما، نوار به سمت فلز با ضریب انبساط کمتر، یعنی به طرف پایین خم می‌شود. (شکل ب)



حالا خودت جواب بده

مثال

شکل روبه‌رو، یک نوار دوفلزه را نشان می‌دهد که با افزایش دما به سمت بالا خم می‌شود.

الف) ضریب انبساط کدام فلز بیشتر است؟

ب) با کاهش دما، نوار به کدام سمت خم می‌شود؟

پاسخ الف با افزایش دما، نوار به سمت فلزی که ضریب انبساط کم‌تری دارد، خم می‌شود؛ چرا که فلز با ضریب انبساط بیشتر، انبساط بیشتری دارد و زورش هم بیشتر است! با این حساب، ضریب انبساط فلز (۲) بیشتر است.

ب برعکس بخش الف، با کاهش دما، نوار به سمت فلزی که ضریب انبساط بیشتری دارد، خم می‌شود؛ یعنی فلز (۲)! پس نوار به سمت پایین خم می‌شود.

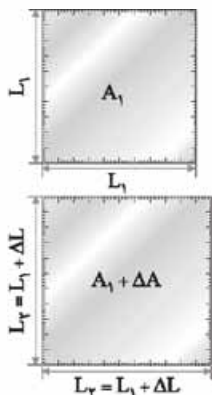
۲. انبساط سطحی

با گرم کردن یک ورق فلزی، مساحت آن افزایش می‌یابد.

مشابه انبساط طولی، اگر جسمی به مساحت A_1 را به اندازه ΔT گرم کنیم، مساحت آن به اندازه ΔA زیاد می‌شود.

مقدار این افزایش مساحت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$



واضح است که یکای ضریب انبساط سطحی (2α) هم باید $1/K$ یا $1/^\circ C$ باشد.

نکته ۱ همان‌طور که می‌بینید، ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط طولی است.

نکته ۲ مشابه انبساط طولی، اگر مساحت اولیه را با افزایش مساحت (ΔA) جمع کنید، مساحت پس از افزایش دما به دست می‌آید:

$$A_2 = A_1 + \Delta A = A_1(1 + 2\alpha \Delta T)$$

توجه در این‌جا هم تنها یکسان بودن واحدهای A_1 و ΔA مهم است!

نکته مفهومی رابطه انبساط سطحی برای هرگونه تغییر مساحتی برقرار است و بایدی وجود ندارد که مساحت جسم نسبت به ضخامتش زیاد باشد.

اثبات رابطه انبساط سطحی (برای حرفه‌ای‌ها) (فعالیت کتاب درسی)

یک ورقه فلزی مستطیل‌شکل با ضریب انبساط طولی α را در نظر بگیرید که اضلاعش a_1 و b_1 است. این را می‌دانیم که بر اثر افزایش دمای ΔT ، طول هر کدام از اضلاع به اندازه Δa و Δb افزایش می‌یابد و می‌شود a_2 و b_2 ؛ یعنی:

$$a_2 = a_1(1 + \alpha \Delta T)$$

$$b_2 = b_1(1 + \alpha \Delta T)$$

$$A_2 = a_2 b_2 = [a_1(1 + \alpha \Delta T) \times b_1(1 + \alpha \Delta T)] = \underbrace{a_1 b_1}_{A_1} (1 + 2\alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2)$$

با این حساب، مساحت ورقه پس از افزایش دما برابر $a_2 b_2$ است:

با توجه به این‌که α معمولاً از مرتبه 10^{-5} است و مرتبه ΔT معمولاً بیشتر از 100 نیست، در نتیجه جمله $\alpha^2 \Delta T^2$ از مرتبه 10^{-6} خواهد بود؛ در حالی که مرتبه جمله $\alpha \Delta T$ ، 10^{-3} است؛ یعنی 1000 برابر بزرگ‌تر. پس جمله $\alpha^2 \Delta T^2$ قابل چشم‌پوشی است.

بنابراین با تقریب خیلی خوبی می‌توان نوشت:

$$A_2 = A_1(1 + 2\alpha \Delta T) \Rightarrow \Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$$

این روبخون که یادگیری

مثلاً مساحت یک ورقه مسی 1000 cm^2 است. اگر دمای این ورقه را $50^\circ C$ زیاد کنیم، افزایش مساحت آن برابر می‌شود با $(\alpha_{\text{مسی}} = 1/7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1})$:

(مشابه مثال کتاب درسی)

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2(1/7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ C^{-1})(1000 \text{ cm}^2)(50^\circ C) = 1/7 \text{ cm}^2$$

حالا خودت جواب بده

مثال دمای یک ورقه مستطیل‌شکل فلزی به اضلاع $a = 20 \text{ cm}$ و $b = 30 \text{ cm}$ را افزایش می‌دهیم، به طوری که مساحت آن به $1/01$ مساحت اولیه می‌رسد. ($\alpha = 5 \times 10^{-5} \text{ } 1/K$)

الف) ضلع a چند سانتی‌متر افزایش می‌یابد؟

ب) مساحت ورقه پس از افزایش دما، چند سانتی‌متر مربع می‌شود؟

پاسخ الف برای دانستن مقدار افزایش دما از رابطه انبساط سطحی کمک می‌گیریم:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \Rightarrow \underbrace{A_2 - A_1}_{1/01 A_1} = 2(5 \times 10^{-5} \text{ } 1/K) A_1 \Delta T \Rightarrow \Delta T = 100 \text{ K}$$

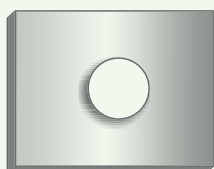
حالا از رابطه انبساط طولی، افزایش طول ضلع a را می‌توانیم به دست آوریم:

(چون اندازه ضلع a برحسب سانتی‌متر بود، افزایش طول هم برحسب سانتی‌متر شد.)

$$\Delta a = \alpha a \Delta T = (5 \times 10^{-5} \text{ } 1/K)(20 \text{ cm})(100 \text{ K}) = 0/1 \text{ cm}$$

$$A_2 = 1/01 \times ab = 1/01 \times 20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 606 \text{ cm}^2$$

ب این هم که خیلی راحت است:



مثال در شکل روبه‌رو، یک ورقه فلزی را می‌بینید که یک حفره دایره‌ای‌شکل در آن وجود دارد. قطر این حفره $20/00 \text{ cm}$ است. برای این‌که یک سکه به قطر $20/01 \text{ cm}$ در آن قرار بگیرد، دمای ورقه را چند درجه سلسیوس باید افزایش دهیم؟ ($\alpha = 5 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ C$)

(مکمل دشوارتر تمرین کتاب درسی)

پاسخ روش اول: برای آن که سکه در حفره قرار بگیرد، باید مساحت سکه و حفره برابر باشد؛ یعنی باید قطر حفره آن قدر افزایش یابد تا هم اندازه قطر سکه شود. با این حساب، مقدار افزایش دما برابر است با:

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T \Rightarrow \frac{\pi D_2^2}{4} - \frac{\pi D_1^2}{4} = 2\alpha \frac{\pi D_1^2}{4} \Delta T \Rightarrow \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = \frac{\pi}{4} (2\alpha D_1^2 \Delta T)$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{D_2^2 - D_1^2}{2\alpha D_1^2} = \frac{(D_2 + D_1)(D_2 - D_1)}{2\alpha D_1^2} = \frac{(\frac{4.01}{100} \text{ cm} + \frac{2.0}{100} \text{ cm})(\frac{4.01}{100} \text{ cm} - \frac{2.0}{100} \text{ cm})}{2(\frac{1}{100} \text{ cm})(2.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C})(\frac{2.0}{100} \text{ cm})^2} \approx 10 \text{ K}$$

روش دوم: از آن جا که افزایش قطر حفره از نوع انبساط طولی است، از رابطه انبساط طولی هم می توانستیم مقدار افزایش دما را به دست آوریم:

$$\Delta D = D_1 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta D}{D_1 \alpha} = \frac{\frac{4.01}{100} \text{ cm} - \frac{2.0}{100} \text{ cm}}{(\frac{2.0}{100} \text{ cm})(\frac{1}{100} \text{ cm})(2.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C})} = 10 \text{ K}$$

۳. انبساط حجمی جامدها

مشابه انبساط طولی و سطحی، اگر حجم اولیه جسمی V_1 و افزایش دما ΔT باشد، جسم افزایش حجمی به اندازه ΔV پیدا می کند.

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

اندازه افزایش حجم از رابطه روبه رو به دست می آید:

در این رابطه β ضریب انبساط حجمی جامد و یکای آن قاعدتاً همان $1/\text{K}$ یا $1/^\circ\text{C}$ است.

$$V_2 = V_1 (1 + \beta \Delta T)$$

نکته در این حالت هم مقدار نهایی حجم، پس از افزایش دما از رابطه مقابل به دست می آید:

توجه در این جا هم تنها یکسان بودن واحدهای V_1 و ΔV مهم است.

از آن جا که ضریب انبساط طولی جامدات در تمام راستاها تقریباً یکسان است، ضریب انبساط حجمی جامدها با تقریب خوبی، سه برابر ضریب انبساط طولی آنها است:

$$\beta_{\text{جامد}} = 3\alpha \Rightarrow \Delta V = 3\alpha V_1 \Delta T$$

این رو بخون که یادگیری

مثال در دمای 20°C ، حجم یک ظرف مسی، یک لیتر است. حجم این ظرف در دمای 100°C برابر است با: ($\alpha = 17 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{K}$)

$$V_2 = V_1 (1 + 3\alpha \Delta T) = (1 \text{ L}) (1 + 3(17 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{K})(100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})) \approx 1.004 \text{ L}$$

نکته برای محاسبه درصد افزایش انبساط طولی، سطحی و حجمی از روابط زیر استفاده کنید:

$$\text{درصد تغییرات طول} = \left(\frac{\Delta L}{L_1}\right) \times 100 = (\alpha \Delta T) \times 100 \quad \text{درصد تغییرات سطح} = \left(\frac{\Delta A}{A_1}\right) \times 100 = (2\alpha \Delta T) \times 100$$

$$\text{درصد تغییرات حجم} = \left(\frac{\Delta V}{V_1}\right) \times 100 = (3\alpha \Delta T) \times 100$$

حالا خودت جواب بده

مثال اگر دمای یک مکعب فلزی را 500°C افزایش دهیم، حجم آن چند درصد تغییر می کند؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$)

پاسخ با توجه به نکته ای که گفتیم، درصد تغییر حجم این فلز را محاسبه می کنیم:

$$\left(\frac{\Delta V}{V_1}\right) \times 100 = (3\alpha \Delta T) \times 100 = 3(2 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C})(500^\circ\text{C}) \times 100 \Rightarrow \left(\frac{\Delta V}{V_1}\right) \times 100 = 3\%$$

یعنی حجم مکعب ۳ درصد افزایش می یابد.

انبساط مایعها

همان طور که پیش تر هم گفتیم، حجم بیشتر مواد با افزایش دما زیاد می شود. این موضوع در مورد مایعها نیز صادق است؛ یعنی وقتی که مایعی را گرم می کنیم، حجمش بیشتر می شود و در اصطلاح، انبساط می یابد.

توجه چون مایعها شکل معینی ندارند، انبساط آنها تنها به صورت حجمی بررسی می شود.

انبساط حجمی مایعها مثل جامدها، افزایش حجم مایعها هم به میزان تغییرات دما، حجم اولیه و البته جنس مایع بستگی دارد؛ یعنی:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T$$

در این رابطه β ضریب انبساط حجمی مایع است و یکای آن (مثل سایر ضریب انبساطها) $1/\text{K}$ یا $1/^\circ\text{C}$ است.

۱- این رابطه هم مثل رابطه انبساط سطحی اثبات می شود، پس اثبات با خودتان!

در جدول زیر، ضریب انبساط برخی از مایع‌ها را می‌بینید: (نیازی به حفظ اعداد جدول نیست)

ماده	ضریب انبساط (1/K)	ماده	ضریب انبساط (1/K)
جیوه	0.18×10^{-3}	اسید استیک	11.0×10^{-3}
گلیسرین	0.49×10^{-3}	بنزن	12.5×10^{-3}
روغن زیتون	0.70×10^{-3}	کلروفرم	12.7×10^{-3}
پارافین	0.76×10^{-3}	استون	14.3×10^{-3}
بنزین	1.00×10^{-3}	اتر معمولی	16.0×10^{-3}
اتانول	1.09×10^{-3}	آمونیاک	24.5×10^{-3}

نکته اگر نگاهی به مرتبه این ضرایب بیندازید، متوجه می‌شوید که ضریب انبساط حجمی مایع‌ها به مراتب بیشتر از جامدهاست. برای درک بهتر جدول ضریب انبساط طولی چند جسم جامد را در ادامه آورده‌ایم (باز هم تأکید می‌کنیم که نیازی به حفظ این اعداد نیست):

ضریب انبساط طولی برخی اجسام			
ماده	ضریب انبساط طولی (1/K)	ماده	ضریب انبساط طولی (1/K)
الماس	1.2×10^{-6}	مس	17×10^{-6}
شیشه پیرکس	3.2×10^{-6}	برنج	19×10^{-6}
شیشه معمولی	$9-12 \times 10^{-6}$	آلومینیم	23×10^{-6}
فولاد	$10-13 \times 10^{-6}$	سرب	29×10^{-6}
بتون	$10-14 \times 10^{-6}$	یخ (در $^{\circ}\text{C}$)	51×10^{-6}

این روبخون که یادگیری

مثال یک دماسنج جیوه‌ای که حجم جیوه داخل آن 25 cm^3 است، دمای محیط را 10°C نشان می‌دهد. اگر دمای محیط به 50°C برسد، افزایش حجم جیوه ($\beta = 0.18 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) برابر است با:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = (0.18 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})(25 \text{ cm}^3)(50^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) = 0.18 \text{ cm}^3$$

(از افزایش حجم شیشه دماسنج چشم‌پوشی کردیم.)

حالا خودت جواب بده

مثال در یک روز داغ تابستان که دمای هوا 40°C است، شخصی باک (مخزن) 50 لیتری اتومبیل خود را از بنزین کاملاً پر می‌کند. فرض کنید بنزین از منبعی در زیرزمین با دمای 15°C بالا آمده باشد. شخص اتومبیل را پارک می‌کند و ساعتی بعد بازمی‌گردد. مشاهده می‌کند بنزین قابل توجهی از باک سرریز شده است. چه قدر بنزین از باک بیرون ریخته است؟ ($\beta_{\text{بنزین}} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)

پاسخ با توجه به این که بنزین، زمان کافی برای هم‌دماشدن با محیط داشته است، دمای نهایی آن را 40°C در نظر می‌گیریم. حالا با استفاده از رابطه انبساط حجمی، افزایش حجم بنزین را حساب می‌کنیم:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = (1.00 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})(50 \text{ L})(40^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}) = 1.25 \text{ L}$$

پس 1.25 لیتر بنزین از باک بیرون ریخته است.

انبساط ظاهری مایع‌ها مایع‌ها چون شکل معینی ندارند، برای نگهداری، معمولاً در داخل ظرفی ریخته می‌شوند. پس وقتی که مایعی را گرم می‌کنیم، گرما هم به مایع می‌رسد، هم به ظرفش؛ بنابراین هر دو منبسط می‌شوند.

انبساط هم‌زمان مایع و ظرف باعث می‌شود افزایش حجمی که از مایع می‌بینیم، واقعی نباشد و ما یک **انبساط ظاهری** را نظاره‌گر باشیم.

حالا برای آن که بدانیم این انبساط ظاهری چه قدر است، کافی است افزایش حجم ظرف را از افزایش حجم واقعی مایع کم کنیم:

$$\Delta V' = \Delta V_{\text{مایع}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = \Delta V_{\ell} - \Delta V_s = V_{\ell} \beta_{\ell} \Delta T - V_s \beta_s \Delta T$$

$$\xrightarrow{V_{\ell} = V_s = V_1} \Delta V' = (\beta_{\ell} - \beta_s) V_1 \Delta T = (\beta_{\ell} - \alpha) V_1 \Delta T$$

نکته با توجه به آن‌چه که فهمیدیم، با گرم کردن یک ظرف پر از مایع، مایع به اندازه انبساط ظاهری‌اش از ظرف بیرون می‌ریزد؛ یعنی:

انبساط ظاهری مایع = حجم مایع بیرون ریخته

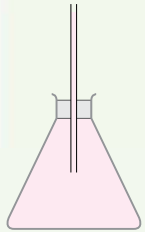
مثال ظرفی به حجم ۲ لیتر، از مایعی با ضریب انبساط حجمی $1/^\circ\text{C} \times 10^{-4}$ کاملاً پر شده است. چنانچه دمای ظرف 10°C افزایش یابد، مایع به اندازه انبساط ظاهری اش از ظرف بیرون می‌ریزد ($1/^\circ\text{C} \times 10^{-5} = 1/2 \times 10^{-5}$ ظرف α)؛ یعنی:

$$\Delta V' = (\beta - \alpha) V_1 \Delta T = (6 \times 10^{-4} \text{ } 1/^\circ\text{C} - 3 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}) (2 \text{ L}) (10^\circ\text{C})$$

$$\Rightarrow \Delta V' = 5/64 \times 10^{-3} \text{ L} \xrightarrow{1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3} \Delta V' = 5/64 \text{ cm}^3$$

حالا خودت جواب بده

مثال ارلنی شیشه‌ای با ضریب انبساط طولی $1/^\circ\text{C} \times 10^{-5}$ را که در دمای 20°C گنجایشی برابر با 200 cm^3 دارد، مطابق شکل با گلیسرین در همان دما پر کرده‌ایم. اگر دمای ظرف و گلیسرین را به 60°C برسانیم، $3/68 \text{ cm}^3$ گلیسرین سرریز می‌شود. ضریب انبساط حجمی گلیسرین چه قدر است؟



(مشابه مثال کتاب درسی)

پاسخ حجم گلیسرین سرریز شده به اندازه انبساط ظاهری اش است؛ پس به سراغ رابطه انبساط ظاهری می‌رویم تا ضریب انبساط حجمی گلیسرین (β) معلوم شود:

$$\Delta V' = (\beta - \alpha) V_1 \Delta T \Rightarrow 3/68 \text{ cm}^3 = (\beta - 3 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}) (200 \text{ cm}^3) (60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

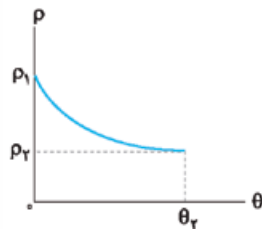
$$\Rightarrow \beta - 3 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C} = \frac{3/68 \text{ cm}^3}{200 \text{ cm}^3 \times 40^\circ\text{C}} = 46 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C} \Rightarrow \beta = 49 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

رابطه چگالی با دما

تا این جا فهمیدیم که افزایش دما، معمولاً حجم جسم را افزایش می‌دهد ولی بر جرم آن تأثیری ندارد، پس طبق رابطه $\rho = \frac{m}{V}$ انتظار داریم که با افزایش دما، حجم افزایش و چگالی کاهش یابد. با این حساب، برای چگالی جامد و مایع به روابط زیر خواهیم رسید:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_r = V_1 (1 + \beta \Delta T) \\ \rho = \frac{m}{V} \end{array} \right. \xrightarrow{m_1 = m_r = m} \rho_r = \frac{m}{V_r} = \frac{m}{V_1 (1 + \beta \Delta T)} \xrightarrow{\rho_1 = \frac{m}{V_1}} \rho_r = \frac{\rho_1}{(1 + \beta \Delta T)}$$

با توجه به این رابطه، اگر نمودار چگالی بر حسب دما را رسم کنیم، به نمودار روبه‌رو خواهیم رسید:



$$\rho \propto \frac{1}{T}$$

رابطه‌ای که به آن رسیدیم در محاسبات ما را اذیت خواهد کرد. برای همین این رابطه را با ضرب آن در مزدوج

$$\rho_r = \frac{\rho_1}{(1 + \beta \Delta T)} \times \frac{(1 - \beta \Delta T)}{(1 - \beta \Delta T)} = \frac{\rho_1 (1 - \beta \Delta T)}{1 - \beta^2 \Delta T^2}$$

مخرج، کمی ساده‌تر می‌کنیم:

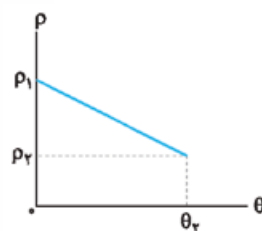
در رابطه به دست آمده عبارت $\beta^2 \Delta T^2$ مقدار کوچکی است، پس با تقریب مناسبی می‌توانیم از این عبارت صرف‌نظر

$$\rho_r = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

کنیم؛ یعنی:

در این حالت همان‌طور که می‌بینید، نمودار به شکل خطی درمی‌آید.

توجه هر دو رابطه‌ای که برای چگالی گفتیم را بلد باشید، چرا که در تمرین کتاب درسی هر دو رابطه گفته شده است.



حالا خودت جواب بده

مثال اگر دمای مقداری بنزین از 20°C به 30°C برسد، چگالی آن چند برابر می‌شود؟ ($1/^\circ\text{C} \times 10^{-3} = \beta$ بنزین)

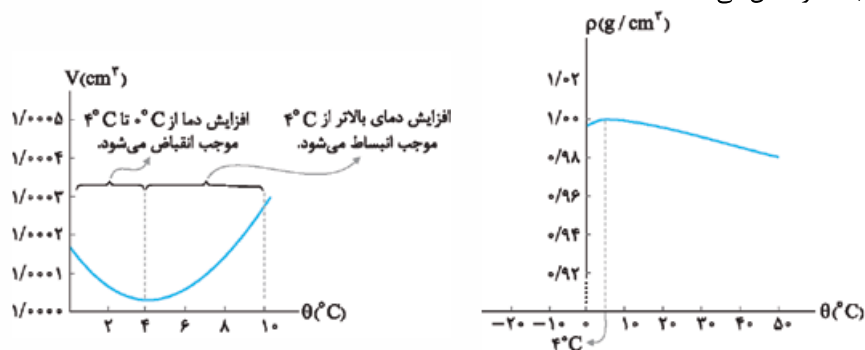
پاسخ از هر دو رابطه، این سؤال را حل می‌کنیم تا ببینیم نتایج چه قدر با هم فرق دارد:

$$\rho_r = \frac{\rho_1}{(1 + \beta \Delta T)} \Rightarrow \frac{\rho_r}{\rho_1} = \frac{1}{1 + \beta \Delta T} = \frac{1}{1 + 10^{-3} \times 10} = 0/990099$$

$$\rho_r = \rho_1 (1 - \beta \Delta T) \Rightarrow \frac{\rho_r}{\rho_1} = 1 - \beta \Delta T = 1 - 10^{-3} \times 10 = 0/99$$

می‌بینید که اختلاف نتیجه بسیار کم است، پس به خاطر سادگی در محاسبات از همان رابطه $\rho_r = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$ استفاده می‌کنیم.

دیدیم که حجم بیشتر مایع‌ها با کم‌شدن دما، کاهش و در نتیجه چگالی آن‌ها افزایش می‌یابد، ولی آب در محدوده دمایی 4°C تا 0°C رفتاری متفاوت دارد. در این محدوده دما، حجم آب افزایش و در نتیجه چگالی آن کاهش می‌یابد. شکل‌های زیر نمودارهای حجم آب و چگالی آن برحسب دما را نشان می‌دهند:



خلاصه کلام این‌که:

- ۱ کم‌ترین حجم و بیشترین چگالی آب، در دمای 4°C اتفاق می‌افتد.
- ۲ چگالی غیرعادی آب در محدوده 0°C تا 4°C باعث می‌شود که آب با دمای 4°C (گرم‌تر) پایین‌تر از آب با دمای 0°C (سردتر) قرار بگیرد، به همین دلیل آب همواره از بالا به پایین یخ می‌زند.

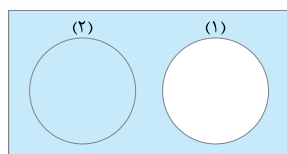
این رو بخون که یادگیری

انبساط غیرعادی آب کمک زیادی به زندگی آبریان کمک می‌کند، چرا که چگالی غیرخطی آب در محدوده 0°C تا 4°C باعث پایین‌رفتن آب گرم و بالا آمدن آب سرد می‌شود. در نتیجه در حالی که آب زیر دریاچه هنوز مایع است، سطح آب یخ می‌زند. این لایه در سطح دریاچه مانند یک عایق گرمایی عمل می‌کند و باعث حفظ موجودات در عمق دریاچه‌ها هنگام سرما می‌شود.

سؤال‌های امتحانی

- درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.
- ۵۹۶- ضریب انبساط سطحی جامدها $\frac{2}{3}$ ضریب انبساط حجمی آن‌ها است.
- ۵۹۷- انبساط اجسام بزرگ، محسوس‌تر از اجسام کوچک است.
- ۵۹۸- انبساط سطحی یک ورقه فلزی علاوه بر مساحت اولیه و تغییر دمای آن، به ضخامتش هم بستگی دارد.
- ۵۹۹- وقتی که یک استوانه توخالی را گرم می‌کنیم، قطر داخلی آن کوچک‌تر می‌شود.
- ۶۰۰- ضریب انبساط طولی فقط به جنس میله بستگی دارد.
- ۶۰۱- آب در دمای 4°C کم‌ترین چگالی و بیشترین حجم را دارد.
- ۶۰۲- آب دریاچه‌ها از پایین به بالا یخ می‌زند.
- جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.
- ۶۰۳- بیشتر اجسام با حجمشان زیاد می‌شود.
- ۶۰۴- ضریب انبساط سطحی یک جسم جامد تقریباً ضریب انبساط طولی آن است.
- ۶۰۵- در دماسنج نواری، دو تیغه فلزی به هم جوش یا پرچ داده می‌شود.
- ۶۰۶- اغلب از نوارهای دوفلزه به عنوان در ترموستات استفاده می‌شود.
- ۶۰۷- با افزایش دما از صفر درجه سلسیوس تا 4°C درجه سلسیوس، چگالی آب می‌یابد.
- ۶۰۸- انبساط مایع‌ها اساس کار است.
- عبارت مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.
- ۶۰۹- هر چه (دما - طول) اولیه جسمی بیشتر باشد، افزایش طول آن هم بیشتر خواهد بود.
- ۶۱۰- در دما، در اثر افزایش دما، تیغه با ضریب انبساط بیشتر، کمان (داخلی - خارجی) را تشکیل می‌دهد.
- ۶۱۱- افزایش دما باعث (کاهش - افزایش) چگالی اغلب اجسام می‌شود.
- ۶۱۲- اساس کار دماسنج نواری دوفلزه متفاوت بودن (ضریب انبساط طولی - گرمای ویژه) دو فلز است.
- ۶۱۳- روی یک ورق فلزی، سوراخی دایره‌ای شکل ایجاد کرده‌ایم و در نزدیک آن دایره‌ای مشابه رسم می‌کنیم. اگر دمای مجموعه را به طور یکنواخت افزایش دهیم، (مساحت هر دو افزایش می‌یابد - مساحت ۱ افزایش می‌یابد ولی ۲ ثابت می‌ماند).

(نویسنده: ریاضی فرداد ۱۳۰۳)



۶۱۴- با کاهش دمای آب از 10°C تا 0°C ، (چگالی - حجم) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

■ به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

۶۱۵- «ضریب انبساط طولی الماس $1/K \times 10^{-6}$ است.» مفهوم این جمله را بنویسید.

۶۱۶- چرا بتن و میلگرد فولادی به همراه هم مناسب‌ترین مصالح در ساخت پل‌ها هستند؟

۶۱۷- چرا بین ریل‌های راه‌آهن فضای خالی وجود دارد؟

۶۱۸- چرا در هنگام ساختمان‌سازی، بین شیشه و چارچوب باید درزی در نظر گرفت؟

۶۱۹- یک سینی فلزی درون قابلمه فلزی گیر کرده است. برای جداکردن آن چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟

۶۲۰- دمای یک لوله آهنی را به تدریج افزایش می‌دهیم. قطر داخلی و چگالی لوله چگونه تغییر می‌کنند؟

۶۲۱- چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم‌جنس باشند؟

۶۲۲- در وسایل گرمایی برقی، کنترل دما توسط چه وسیله‌ای انجام می‌شود؟

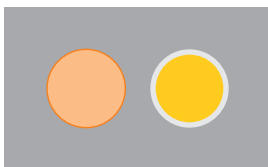
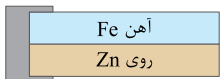
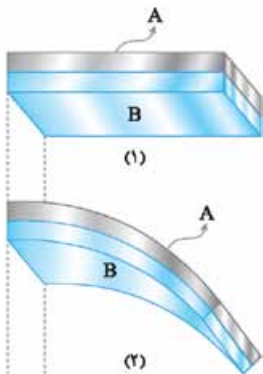
۶۲۳- در مناطق سردسیر دیده می‌شود که هنگام یخبندان، لوله‌های فلزی که آب در آن‌ها است، ترک می‌خورند یا می‌شکنند. این پدیده را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

۶۲۴- در جدول زیر، هر یک از مفاهیم ستون A با عبارتی از ستون B در ارتباط است. آن‌ها را مشخص کرده و در پاسخ‌نامه بنویسید. (یک مورد در ستون B اضافه است.)

ستون A	ستون B
الف) کمیت دماسنجی در این دماسنج، ولتاژ است.	دماسنج گازی
ب) از این دماسنج در باغداری استفاده می‌شود.	دماسنج تابشی
پ) این دماسنج براساس آشکارسازی شدت تابش گرمایی کار می‌کند.	بیشینه - کمینه
ت) از این وسیله به عنوان حسگرهای گرمایی استفاده می‌شود.	دماپا
	ترموکوپل

۶۲۵- شکل (۱) دو تیغه فلزی از جنس‌های متفاوت که سرتاسر به هم جوش داده شده‌اند را در دمای 20°C و شکل (۲)، همان تیغه‌ها را در دمای صفر درجه سلسیوس نشان می‌دهد. ضریب انبساط طولی کدام فلز بیشتر است؟ چرا؟

(نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)



۶۲۶- شکل مقابل، یک دماپاست. اگر دما را افزایش دهیم، دماپا به کدام سمت خم می‌شود؟

$$\left(\alpha_{\text{آهن}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{روی}} = 31 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \right)$$

۶۲۷- در وسط یک صفحه مسی دو سوراخ دایره‌شکل ایجاد می‌کنیم. سپس به جای آن‌ها، دایره‌هایی هم‌اندازه از جنس آلومینیم و سرب با همان ضخامت قبل قرار می‌دهیم. پیش‌بینی کنید با افزایش دما چه مشاهده خواهید کرد؟ علت را توضیح دهید.

$$\left(\alpha_{\text{سرب}} = 29 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{آلومینیم}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{مس}} = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \right)$$

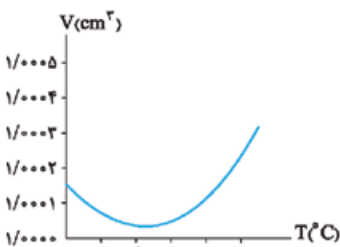
۶۲۸- چرا وقتی که دماسنج گرم می‌شود، سطح جیوه قبل از بالارفتن برای مدت اندکی پایین می‌آید؟

۶۲۹- چرا از آب در دماسنج‌های مایعی استفاده نمی‌شود؟

۶۳۰- اگر آب از 3°C تا 5°C گرم شود، حجم آن چه تغییری می‌کند؟

۶۳۱- نمودار زیر کدام ویژگی آب را نشان می‌دهد؟ این ویژگی چه کمکی به حیات گیاهی و

جانوری در عمق دریاچه‌ها می‌کند؟

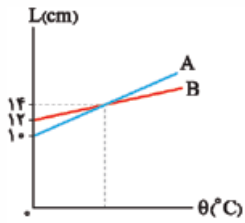


۶۳۲- دمای یک میله فلزی را چند کلوین افزایش دهیم تا طول آن به اندازه ۰/۰۰۱ طول اولیه افزایش یابد؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

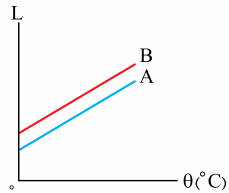
۶۳۳- طول یک پل فولادی در دمای 20°C ، 800 m است. در دمای 25°C طول این پل چه قدر است؟ ($\alpha_{\text{فولاد}} = 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

۶۳۴- تفاوت طول دو میله هم جنس 10 cm است. اگر آن‌ها را به دنبال یکدیگر متصل کنیم و دمای آن‌ها را 100°C افزایش دهیم، مجموع طول آن‌ها به $3/009 \text{ m}$ می‌رسد. طول اولیه هر میله را بیابید. ($\alpha = 3 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

۶۳۵- نمودار تغییرات طول دو میله A و B بر حسب دمای آن‌ها به شکل مقابل است. ضریب انبساط طولی میله A چند برابر ضریب انبساط طولی میله B است؟



۶۳۶- نمودار طول دو میله A و B بر حسب دما، به صورت دو خط موازی مقابل شکل مقابل است. اگر ضریب انبساط طولی میله‌های A و B به ترتیب α_A و α_B باشد، ضریب انبساط طولی این دو فلز (α_A و α_B) را با هم مقایسه کنید.

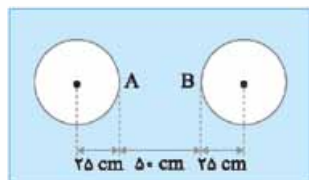


۶۳۷- به مستطیلی با مشخصات $\alpha = 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ، $A = 0/6 \text{ m} \times 0/5 \text{ m}$ گرما می‌دهیم تا دمای آن به 13°C برسد. افزایش مساحت مستطیل چند متر مربع خواهد بود؟ $\theta_1 = 30^\circ\text{C}$

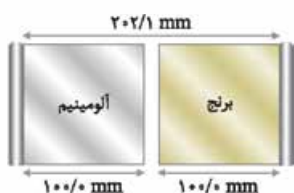
۶۳۸- وقتی دمای یک ورقه فلزی را به اندازه 500°C افزایش دهیم، مساحت آن به اندازه $\frac{2}{100}$ مساحت اولیه افزایش می‌یابد. ضریب انبساط طولی فلز چه قدر است؟

۶۳۹- دمای یک صفحه فلزی را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا به اندازه $0/02$ سطح اولیه‌اش منبسط شود؟ ($\alpha = 2 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

۶۴۰- قطر یک چرخ و فلک آهنی در دمای 1°C برابر 60 متر است. اگر کم‌ترین دمای ممکن در طول سال 1°C و بیشترین دمای ممکن 40°C باشد، بیشترین تغییر مساحت این چرخ و فلک چه قدر خواهد بود؟ ($\alpha = 1/2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ، $\pi = 3$)



۶۴۱- در وسط یک صفحه فلزی نازک که ضریب انبساط سطحی آن $\frac{1}{K} \times 10^{-5}$ است، دو دایره به شعاع 25 سانتی‌متر را در دمای صفر درجه سلسیوس خارج نموده‌ایم. اگر دمای صفحه را به آرامی از صفر به 200 درجه سلسیوس برسانیم، فاصله AB چند میلی‌متر می‌شود؟



۶۴۲- مطابق شکل، دو ورقه مربعی آلومینیومی و برنجی که طول هر کدام $100/0 \text{ mm}$ است، به دو دیوار که از هم $202/1 \text{ mm}$ فاصله دارند، پرچ شده‌اند. دمای محیط را چند درجه سلسیوس افزایش دهیم تا این دو ورقه با یکدیگر تماس پیدا کنند؟

$$\left(\alpha_{\text{برنج}} = 19 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \alpha_{\text{آلومینیوم}} = 23 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \right)$$

۶۴۳- در دمای 10°C ارتفاع یک استوانه فلزی 40 cm و شعاع قاعده آن 5 cm است. افزایش حجم این استوانه در دمای 60°C چه قدر است؟ ($\pi = 3$ ، $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

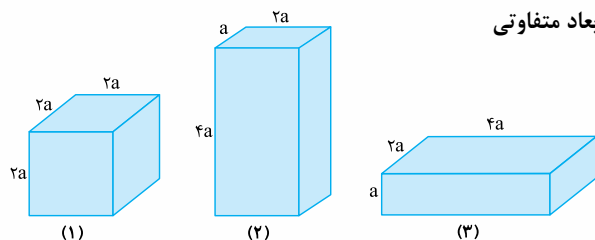
۶۴۴- دمای دو جسم به حجم‌های V_1 و $2V_1$ را به یک اندازه افزایش می‌دهیم. اگر افزایش حجم اولی ۳ برابر افزایش حجم دومی باشد، چه رابطه‌ای بین ضریب انبساط سطحی دو جسم برقرار است؟

۶۴۵- در شکل‌های مقابل، سه جسم فلزی هم جنس را می‌بینید که دمای یکسان و ابعاد متفاوتی دارند. اگر دمای این اجسام را به یک اندازه افزایش دهیم:

(الف) افزایش ارتفاع کدام جسم بیشتر است؟

(ب) مساحت سطح بالایی کدام جسم بیشتر افزایش می‌یابد؟

(پ) افزایش حجم این سه جسم را با هم مقایسه کنید.



۶۴۶- بر اثر افزایش دما به اندازه 32°C ، میله‌ای که در مرکز آن شکافی وجود دارد به بالا تاب برمی‌دارد. اگر فاصله $L_0 = 3/77 \text{ m}$ ثابت باشد، بالارفتگی x مرکز میله چند میلی‌متر است؟ (ضریب انبساط خطی میله $\frac{1}{C} \times 10^{-6}$)



۵۵۴. درصدی از انرژی ورودی که در هر مرحله تبدیل به انرژی مفید می‌شود، بازده آن مرحله برحسب درصد است. از طرفی در هر مرحله، انرژی مفید، انرژی ورودی مرحله بعد است. اگر انرژی حاصل از سوختن گازوئیل را E بگیریم، داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بازده: } 35\% \\ E_{\text{ورودی}} = E \end{array} \Rightarrow E_{\text{خروجی نیروگاه}} = \frac{35}{100} E$$

نیروگاه:

خطوط انتقال توان الکتریکی:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بازده: } 90\% \\ E_{\text{ورودی خطوط}} = E_{\text{خروجی نیروگاه}} \end{array} \Rightarrow E_{\text{خروجی خطوط}} = \frac{90}{100} \left(\frac{35}{100} E \right)$$

لامپ رشته‌ای:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{بازده: } 5\% \\ E_{\text{ورودی لامپ}} = E_{\text{خروجی خطوط}} \end{array} \Rightarrow E_{\text{خروجی لامپ}} = \frac{5}{100} \times \frac{90}{100} \times \frac{35}{100} E$$

حالا انرژی مصرفی لامپ را که همان انرژی ورودی لامپ است، تعیین می‌کنیم. لامپ هفت روز و در هر روز ۱۰ ساعت روشن است:

$$\Delta t = 7 \times 10 \times 3600 = 70 \times 3600 \text{ s}$$

$$\Rightarrow E_{\text{ورودی لامپ}} = P \times \Delta t = 50 \times 70 \times 3600 \text{ J}$$

مقدار ورودی لامپ E را درون رابطه $E_{\text{ورودی لامپ}} = \frac{90}{100} \times \frac{35}{100} E$ قرار می‌دهیم و E را حساب می‌کنیم:

$$50 \times 70 \times 3600 \text{ J} = \frac{90}{100} \times \frac{35}{100} E \Rightarrow E = 4 \times 10^9 \text{ J} = 40 \text{ MJ}$$

به ازای هر لیتر گازوئیل حدود ۴۰ MJ انرژی تولید می‌شود؛ پس برای تولید ۴۰ MJ انرژی به $\frac{40}{4} \text{ L}$ نیاز داریم:

$$40 \text{ MJ} \times \frac{1 \text{ L}}{40 \text{ MJ}} = 1 \text{ L}$$

مقدار گازوئیل مورد نیاز

فصل چهارم: دما و گرما

۵۵۵. نادرست - کمیت دماسنجی؛ نه دما!

۵۵۶. درست

۵۵۷. نادرست - ضخامت بیشتر باعث می‌شود تغییر دما آهسته‌تر انجام شود و در نتیجه دقت اندازه‌گیری کم‌تر شود.

۵۵۸. نادرست - کلوین نه فارنهایت!

۵۵۹. نادرست - دما معیاری از میانگین انرژی جنبشی است؛ نه انرژی جنبشی کل ماده!

۵۶۰. دما **۵۶۱.** اختلاف پتانسیل

۵۶۲. جیوه‌ای و الکلی **۵۶۳.** دما

۵۶۴. ارتفاع مایع درون لوله دماسنج **۵۶۵.** بیشینه - کمینه

۵۶۶. کمیتی

۵۶۷. T ، دقت کنید که K یکای دما برحسب کلوین است!

۵۶۸. سرعت، چرا که خیلی سریع با تغییرات دما تغییر می‌کند.

۵۶۹. سلسیوس

۵۷۰. $-273/15$

$$(0 = \theta + 273/15 \Rightarrow \theta = -273/15 \text{ } ^\circ\text{C})$$

۵۷۱. جنس

۵۷۲. جیوه‌ای (چراکه الکلی خالص در دمای $78 \text{ } ^\circ\text{C}$ بخار می‌شود!)

۵۷۳. کمیت دماسنجی

۵۷۴. آشکارسازی شدت تابش گرمایی

۵۷۵. فارنهایت

۵۷۶. چرا که هم دست و هم پیشانی جزئی از بدن هستند و به همین خاطر اختلاف دمای چندانی ندارند، پس وقتی دستمان را روی پیشانی‌مان می‌گذاریم، گرمی و سردی را درست متوجه نمی‌شویم.

۵۷۷. (۱) اگر دماسنج جیوه‌ای یا الکلی باشد، باید دما را از روبه‌رو (دید عمود) بخوانیم تا خطای مشاهده‌ای نداشته باشیم.

(۲) اندازه‌گیری را چند بار تکرار کنیم تا از صحت انجام آزمایش مطمئن شویم.

(۳) از دماسنج مناسب برای گستره مورد نظر استفاده کنیم.

(۴) جسم با مخزن دماسنج در تماس کامل باشد.

۵۷۸. اگر جواب را نمی‌دانید، یک بار دیگر درس‌نامه را بخوانید.

۵۷۹. (۱) دماسنج گازی (۲) دماسنج مقاومت پلاتینی

(۳) تفسنج (پیرومتر)

۵۸۰. به دلیل دقت پایین‌تر نسبت به دیگر دماسنج‌های معیار

۵۸۱. الف) ترموکوپل ب) ولتاژ (اختلاف پتانسیل)

۵۸۲. الف) دماسنج بیشینه - کمینه

ب) کار این دماسنج، مشخص کردن بیشینه و کمینه دما در یک مدت‌زمان مشخص است. (البته که دمای محیط در هر لحظه را نیز نشان می‌دهد).

پ) در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری و هواشناسی از آن استفاده می‌شود.

۵۸۳. تا فشار هوای داخل لوله مانع بالارفتن جیوه و الک نشود.

۵۸۴. روابط کلوین و فارنهایت را که فراموش نکرده‌اید:

$$T = \theta + 273 = 15 + 273 = 288 \text{ K}$$

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 = \frac{9}{5}(15) + 32 = 27 + 32 = 59 \text{ } ^\circ\text{F}$$

۵۸۵. گام اول: ابتدا این دماها را برحسب سلسیوس محاسبه می‌کنیم:

$$F_1 = \frac{9}{5}\theta_1 + 32 \Rightarrow 32 = \frac{9}{5}\theta_1 + 32 \Rightarrow \theta_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_2 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 \Rightarrow 50 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 \Rightarrow \frac{9}{5}\theta_2 = 18$$

$$\Rightarrow \theta_2 = 18 \times \frac{5}{9} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

گام دوم: حالا با یک جمع ساده، این دماها برحسب کلوین هم به دست می‌آیند:

$$T_1 = \theta_1 + 273 = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = \theta_2 + 273 = 10 + 273 = 283 \text{ K}$$

۵۸۶. گام اول: قبل از هر چیز، رابطه بین کلوین و فارنهایت را به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \theta + 273 \\ F = \frac{9}{5}\theta + 32 \end{array} \Rightarrow F = \frac{9}{5}(T - 273) + 32 \right.$$

دیکه ساده‌ترش نمی‌کنیم!

گام دوم: حالا به جای T ، مقدارش را قرار می‌دهیم:

$$F = \frac{9}{5}(\underbrace{373 - 273}_{100}) + 32 \Rightarrow F = \frac{9}{5} \times 100 + 32 = 212 \text{ } ^\circ\text{F}$$

۵۸۷. از روابط $T = \theta + 273$ و $F = \frac{9}{5}\theta + 32$ برای کامل کردن جدول

$$A: T_A = \theta_A + 273 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

$$F_A = \frac{9}{5}\theta_A + 32 = \frac{9}{5} \times 30 + 32 = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$B: T_B = \theta_B + 273 \Rightarrow 363 = \theta_B + 273 \Rightarrow \theta_B = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$F_B = \frac{9}{5}\theta_B + 32 = \frac{9}{5} \times 90 + 32 = 194 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$C: F_C = \frac{9}{5}\theta_C + 32 \Rightarrow 131 = \frac{9}{5}\theta_C + 32$$

$$\Rightarrow \frac{9}{5}\theta_C = 99 \Rightarrow \theta_C = \frac{5}{9} \times 99 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_C = \theta_C + 273 = 55 + 273 = 328 \text{ K}$$



ب دمای بدن انسان 37°C است، پس باید به جای θ ، این عدد را قرار دهیم تا x معلوم شود:

$$x = 7\theta - 179 \xrightarrow{\theta = 37^{\circ}\text{C}} x = 7 \times 37 - 179 \Rightarrow x = 8^{\circ}$$

۵۹۵. الف بین دما و ارتفاع، رابطه خطی $\theta = mh + \theta_0$ وجود دارد که با جای گذاری دو نقطه و نوشتن دو معادله و دو مجهول، m و θ_0 مشخص می شوند:

$$50 = m \times 16 + 10 \Rightarrow 16m = 40 \Rightarrow m = \frac{5}{4} \Rightarrow \theta = \frac{5}{4}h + 10$$

ب چون طول لوله دماسنج 40 cm است، بیشترین دمایی که دماسنج می تواند اندازه بگیرد، زمانی است که مایع درون دماسنج 40 cm بالا برود؛ چرا که اگر دما بالاتر برود، دیگر دماسنج دما را درست نشان نمی دهد و حتی خطر مرگ! دماسنج هم وجود دارد؛ بنابراین: $\theta_{\max} = \frac{5}{4} \times 40 + 10 = 110^{\circ}\text{C}$

۵۹۶. درست

۵۹۷. درست - چرا که ابعاد اولیه آن ها بزرگ تر است.

۵۹۸. نادرست - در انبساط سطحی به ضخامت ورقه فلزی کاری نداریم. (ولی در حجمی کار داریم!)

۵۹۹. نادرست - با گرم کردن یک جسم، فاصله بین تمام نقاط آن افزایش می یابد، پس قطر داخلی این استوانه هم بزرگ تر می شود.

۶۰۰. نادرست - به دما نیز اندکی وابسته است.

۶۰۱. نادرست - در این دما بیشترین چگالی و کمترین حجم را دارد.

۶۰۲. نادرست - چون در بازه 0°C تا 4°C ، آب در دمای 0°C که کمترین چگالی را دارد، در بالای آب 4°C قرار می گیرد و به خاطر همین، آب دریاچه ها از بالا به پایین یخ می زند.

۶۰۳. افزایش دما **۶۰۴. ۲ برابر**

۶۰۵. متفاوت **۶۰۶. حسگرهای دمایی**

۶۰۷. افزایش

۶۰۸. دماسنج های مایعی (جیوه ای و الکلی)

۶۰۹. طول؛ تغییر دما مهم است؛ نه دمای اولیه!

۶۱۰. خارجی **۶۱۱. کاهش**

۶۱۲. ضریب انبساط طولی **۶۱۳. مساحت هر دو افزایش می یابد.**

۶۱۴. چگالی

۶۱۵. مفهوم این جمله این است که اگر دمای یک قطعه الماس را یک کلوین بالا ببریم، طول واحد آن $m \times 10^{-6} \times \frac{1}{2}$ افزایش می یابد.

۶۱۶. چون اختلاف اندازه ضریب انبساط طولی این دو ماده خیلی کم است و به هنگام انبساط گرمایی، افزایش طول تقریباً یکسانی دارند؛ برای همین در ساخت پل ها از این مصالح استفاده می کنند تا به هنگام انبساط گرمایی مشکلی پیش نیاید.

۶۱۷. به خاطر پدیده انبساط گرمایی! چرا که اگر این اتفاق نیفتد، در ماه های گرم سال، ریل ها منبسط می شوند و این پدیده باعث کج شدن خطوط راه آهن و خروج قطارها از ریل می شود.

۶۱۸. به این دلیل که فضای برای انبساط گرمایی شیشه وجود داشته باشد. اگر این کار انجام نشود، با تغییر دما احتمال شکستن شیشه بسیار زیاد می شود.

۶۱۹. پیشنهاد ما ریختن آب گرم روی قابلمه است، زیرا قابلمه فلزی مساحت و حجم بیشتری نسبت به سینی فلزی دارد و به همین دلیل با افزایش دما، انبساط گرمایی بیشتری خواهد داشت که باعث جدا شدن سینی از قابلمه می شود.

۶۲۰. با افزایش دمای لوله، لوله منبسط می شود. در نتیجه قطر داخلی و نیز قطر خارجی لوله افزایش می یابد و باعث افزایش حجم لوله می شود، اما از آن جا که چگالی با حجم رابطه عکس دارد، چگالی کاهش می یابد.

۶۲۱. تا هر دو به یک اندازه منبسط یا منقبض شوند.

در نهایت جدول به شکل زیر کامل می شود:

	$\theta (^{\circ}\text{C})$	$T (\text{K})$	$F (^{\circ}\text{F})$
A	۳۰	۳۰۳	۸۶
B	۹۰	۳۶۳	۱۹۴
C	۵۵	۳۲۸	۱۳۱

۵۸۸. گام اول: ببینیم اول دما چه قدر بوده:

$$\theta_1 = T_1 - 273 = 300 - 273 = 27^{\circ}\text{C}$$

گام دوم: تغییرات دمایی کلوین و سلسیوس با هم برابر است، پس وقتی دما 100°K زیاد شده، 100°C هم زیاد شده؛ یعنی:

$$\theta_2 = \theta_1 + 100 = 27 + 100 = 127^{\circ}\text{C}$$

۵۸۹. اختلاف دما در مقیاس سلسیوس و کلوین با هم برابر است؛ بنابراین کافیت دما برحسب فارنهایت را به سلسیوس تبدیل کنیم و سپس اختلاف دما را محاسبه کنیم:

$$\begin{cases} \theta_1 = 47^{\circ}\text{C} \\ \theta_2 = ? \Rightarrow F_2 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 \Rightarrow 131 = \frac{9}{5}\theta_2 + 32 \\ \Rightarrow \frac{9}{5}\theta_2 = 99 \Rightarrow \theta_2 = \frac{5}{9} \times 99 = 55^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 55 - 47 = 8^{\circ}\text{C} = 8\text{ K}$$

۵۹۰. از رابطه بین تغییرات فارنهایت و سلسیوس استفاده می کنیم:

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta \theta = \frac{9}{5} \times 50 = 90^{\circ}\text{F}$$

۵۹۱. برای حل این مسئله، کافی است که به جای θ ، T را قرار دهیم:

$$T = \theta + 273 \Rightarrow 4\theta = \theta + 273 \Rightarrow 3\theta = 273 \Rightarrow \theta = 91^{\circ}\text{C}$$

دماسنج برحسب کلوین است؛ پس: $T = 4 \times 91 = 364\text{ K}$

۵۹۲. الف در رابطه $F = \frac{9}{5}\theta + 32$ ، به جای F ، θ قرار دهید:

$$F = \theta \Rightarrow \theta = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow -\frac{4}{5}\theta = 32 \Rightarrow \theta = -\frac{5}{4} \times 32 = -40^{\circ}\text{C}$$

ب اگر رابطه $T = \theta + 273$ و $F = \frac{9}{5}\theta + 32$ را ترکیب کنیم، به رابطه

$$F = \frac{9}{5}(T - 273) + 32 \Rightarrow F = \frac{9}{5}T - 273 + 32 \Rightarrow F = \frac{9}{5}T - 241$$

در این حالت اگر به جای F ، T بگذاریم به جواب می رسیم:

$$F = T \Rightarrow T = \frac{9}{5}(T - 273) + 32 \Rightarrow 5T = 9T - 9 \times 273 + 5 \times 32$$

$$\Rightarrow 4T = 9 \times 273 - 5 \times 32 \Rightarrow T = 574 / 4 = 143.5\text{ K}$$

۵۹۳. گام اول: ابتدا در رابطه فارنهایت، به جای θ ، F را قرار می دهیم تا

$$\theta \text{ معلوم شود: } F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 5\theta = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 5\theta - \frac{9}{5}\theta = 32$$

$$\Rightarrow \frac{16}{5}\theta = 32 \Rightarrow \theta = \frac{5 \times 32}{16} = 10^{\circ}\text{C}$$

گام دوم: حالا این دما را برحسب فارنهایت حساب می کنیم:

$$F = 5\theta = 5 \times 10 = 50^{\circ}\text{F}$$

۵۹۴. الف بین این مقیاس دماسنجی و سلسیوس رابطه زیر وجود دارد:

$$x = m\theta + x_0$$

مختصات دو نقطه از این معادله را می دانیم، پس با نوشتن دو معادله و دو مجهول می توانیم m و x_0 را به دست آوریم:

$$x_1 = m\theta_1 + x_0 \Rightarrow 451 = 90m + x_0 \quad (1)$$

$$x_2 = m\theta_2 + x_0 \Rightarrow 521 = 100m + x_0 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{\text{تفاضل (1) از (2)}} 70 = 10m \Rightarrow m = 7$$

$$\xrightarrow{\text{جای گذاری در (1)}} 521 = 90 \times 7 + x_0 \Rightarrow x_0 = -179 \Rightarrow x = 7\theta - 179$$

۶۲۲. دما یا (ترموستات)

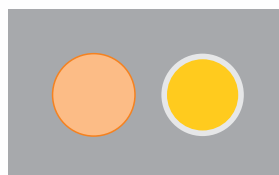
۶۲۳. با توجه به انبساط غیرعادی آب، در دمای صفر تا 4°C با کاهش دما، افزایش حجم داریم. این موضوع باعث ترک خوردگی لوله‌ها می‌شود.

۶۲۴. الف) ترموکوپل / ب) بیشینه - کمینه / پ) دماسنج تابشی / ت) دما یا (اگر در مورد هر یک از موارد شک دارید، یک بار دیگر درس‌نامه را بخوانید).

۶۲۵. فلز B، چراکه به ازای تغییر دمای یکسان، تغییر طول بیشتری دارد.

۶۲۶. به سمت بالا، زیرا طبق داده‌های سؤال، ضریب انبساط طولی روی (Zn) و در نتیجه افزایش طول آن بیشتر است.

۶۲۷. از آن‌جا که $\alpha_{pb} > \alpha_{Al} > \alpha_{Cu}$ است؛ افزایش سطح سرب از



آلومینیم و آلومینیم از مس بیشتر خواهد بود و باعث می‌شود دو دایره به بالا یا پایین شکم پیدا کند و ضخامتشان هم بیشتر شود، اما ضخامت سرب از آلومینیم بیشتر خواهد بود.

۶۲۸. در ابتدا فقط لوله دماسنج گرم می‌شود؛ برای همین لوله منبسط می‌شود و مایع کمی پایین می‌آید. اما خیلی سریع جیوه هم گرم می‌شود و در اثر انبساط، بالا می‌رود.

۶۲۹. به خاطر رفتار غیرعادی آب در محدوده 0°C تا 4°C !

۶۳۰. از 0°C تا 4°C به خاطر رفتار غیرعادی آب حجم کاهش می‌یابد، اما از 4°C به بعد حجم افزایش می‌یابد، بنابراین از 3°C تا 4°C ، کاهش حجم و از 4°C تا 5°C افزایش حجم داریم.

۶۳۱. انبساط غیرعادی آب، از آن‌جا که آب از سطح دریاچه شروع به یخ‌زدن می‌کند، حیات گیاهان و جانداران در عمق دریاچه از بین نمی‌رود!

۶۳۲. چیزی که به دنبالش هستیم تغییرات دماست:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta L}{\alpha L_1} = \frac{2 \times 10^{-5}}{12 \times 10^{-6}} L_1 \Delta T \Rightarrow \Delta T = 50^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{K}$$

۶۳۳. ابتدا به کمک رابطه انبساط طولی، افزایش طول پل را حساب می‌کنیم:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta = (800 \text{ m}) \times (12 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}) (25^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 44 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.044 \text{ m}$$

حالا با یک جمع ساده، طول پل در دمای 25°C را به دست می‌آوریم:

$$L_p = L_1 + \Delta L = 800 + 0.044 = 800.044 \text{ m}$$

۶۳۴. اول داده‌های سؤال را به زبان ریاضی می‌نویسیم:

$$\begin{cases} L_1: \text{طول اولیه میله اول} \\ L'_1: \text{طول اولیه میله دوم} \end{cases} \quad L'_1 - L_1 = 10 \text{ cm} \Rightarrow L'_1 = L_1 + 10$$

$$L'_p + L_p = 3.009 \text{ m}, \Delta \theta = 100^{\circ}\text{C}$$

حالا برای هر میله، رابطه انبساط طولی خودش را می‌نویسیم:

$$\begin{cases} L_p = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \\ L'_p = L'_1 (1 + \alpha \Delta \theta) \end{cases}$$

$$L_p + L'_p = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) + L'_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$= L_1 (1 + \alpha \Delta \theta) + (L_1 + 10) (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$= (1 + \alpha \Delta \theta) (2L_1 + 10)$$

$$\Rightarrow 3.009 / 9 = (1 + (12 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}) (100^{\circ}\text{C})) (2L_1 + 10)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} L_1 = 145 \text{ cm} \\ L'_1 = 155 \text{ cm} \end{cases}$$

(مجموع طول میله‌ها را برحسب cm جای‌گذاری کردیم.)

۶۳۵. شیب نمودارها، همان حاصل‌ضرب طول اولیه میله در ضریب انبساط

طولی ($L_1 \alpha$) است. با توجه به این موضوع، شیب نمودار میله A و B را به دست می‌آوریم:

$$\text{شیب نمودار میله A} = \frac{14 - 10}{\Delta \theta} = \frac{4}{\Delta \theta}$$

$$\text{شیب نمودار میله B} = \frac{14 - 12}{\Delta \theta} = \frac{2}{\Delta \theta}$$

حالا نسبت شیب نمودار میله A به شیب نمودار میله B را حساب می‌کنیم تا

$$\frac{\alpha_A}{\alpha_B} \text{ معلوم شود: } \frac{L_{1A} \alpha_A}{L_{1B} \alpha_B} = \frac{\Delta \theta}{\Delta \theta} = 2$$

$$\frac{A}{B} \text{ شیب نمودار میله} = \frac{L_{1A} \alpha_A}{L_{1B} \alpha_B} = \frac{2}{2} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{1 \cdot \alpha_A}{12 \alpha_B} = 2 \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{24}{1} = 2 / 1$$

۶۳۶. با توجه به رابطه $L = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$ و این‌که دمای اولیه برابر صفر درجه سلسیوس است، داریم:

$$L = L_1 (1 + \alpha \theta) \Rightarrow L = L_1 + L_1 \alpha \theta$$

همان‌طور که می‌بینید، نمودار طول میله برحسب دما خطی است که عرض از مبدأ آن برابر طول اولیه (L_1) و شیب آن برابر حاصل‌ضرب ضریب انبساط طولی در طول اولیه ($L_1 \alpha$) می‌باشد؛ بنابراین با توجه به نمودار داده‌شده در سؤال، طول اولیه میله B بزرگ‌تر از طول اولیه میله A است (زیرا عرض از مبدأ نمودار میله B بزرگ‌تر است)، پس $L_{1B} > L_{1A}$ و شیب دو نمودار یکسان است، پس $L_{1A} \alpha_A = L_{1B} \alpha_B$. با توجه به این‌که $L_{1B} > L_{1A}$ است، پس برای این‌که تساوی به‌دست‌آمده برقرار باشد باید $\alpha_A > \alpha_B$ باشد.

۶۳۷. بعد از هر مسئله سخت، مسئله آسان هم هست! با یک جای‌گذاری

$$\Delta A = 2 \alpha A_1 \Delta \theta$$

$$= 2 \times 20 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \times 0.6 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times (130 - 30) = 1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

۶۳۸. برای حل این مسئله، نیازی به اندازه مساحت اولیه نیست.

$$\Delta A = 2 \alpha A_1 \Delta \theta \Rightarrow \frac{2}{100} A_1 = 2 \alpha A_1 \times 500^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{5 \times 10^4} = 2 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$$

۶۳۹. دیگر به اندازه کافی باید مسلط شده باشید.

$$\Delta A = 2 \alpha A_1 \Delta \theta \Rightarrow 0.02 A_1 = 2 \times 2 \times 10^{-4} / ^{\circ}\text{C} A_1 \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta \theta = \frac{0.02}{4 \times 10^{-4} / ^{\circ}\text{C}} = 50^{\circ}\text{C}$$

۶۴۰. بیشترین تغییر مساحت، بین کم‌ترین دما و بیشترین دما اتفاق می‌افتد؛

$$\Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 40 - (-10) = 50^{\circ}\text{C}$$

حالا به سراغ محاسبه تغییر مساحت می‌رویم:

$$r = \frac{D}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ m}$$

$$\Delta A = 2 \alpha A_1 \Delta \theta = 2 \alpha (\pi r^2) \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta A = 2 \times 12 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C} \times 3 \times (30)^2 \times 50^{\circ}\text{C} = 900 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \Delta A = 3 / 24 \text{ m}^2$$

۶۴۱. در این سؤال در واقع انبساط طولی AB را می‌خواهیم؛ فقط باید دقت کنید که ضریب انبساط سطحی داده شده است (2α)؛ بنابراین:

$$L_p = L_1 (1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$= (500 \text{ mm}) (1 + (\frac{3}{6} \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}) (200^{\circ}\text{C}))$$

$$= 500 \times 1.0036 \Rightarrow L_p = 501.8 \text{ mm}$$



۶۴۷. در واقع حجم نهایی بنزین را پس از افزایش دما داریم و حجم اولیه آن را می‌خواهیم؛ پس معطل نکنید:

$$V_T = V_1(1 + \beta \Delta T) \Rightarrow 41 = V_1(1 + 10^{-3} \times \frac{1}{^\circ\text{C}} \times 25^\circ\text{C})$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{41}{1 + 0.25} = 40 \text{ L}$$

۶۴۸. ابتدا از رابطه انبساط حجمی کمک می‌گیریم تا اختلاف دما برحسب درجهٔ سلسیوس به دست آید:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta V}{\beta V_1} = \frac{(19600 \text{ L} - 20000 \text{ L})}{(10^{-3} \times \frac{1}{\text{K}}) \times (20000 \text{ L})} = -2^\circ\text{C}$$

حالا به سراغ رابطهٔ بین فارنهایت و سلسیوس می‌رویم تا اختلاف دما برحسب فارنهایت معلوم شود:

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta \theta = \frac{9}{5} \times (-2^\circ) = -3.6^\circ\text{F}$$

۶۴۹. از آنجا که سطح مقطع استوانه ثابت است، تغییرات حجم نفت داخل مخزن متناسب با تغییرات ارتفاع است؛ یعنی:

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta \theta \xrightarrow{V=Ah} \Delta h = \beta \Delta h_1 \Delta \theta \Rightarrow \Delta h = \beta h_1 \Delta \theta$$

$$\Delta h = 6 \text{ cm}, \Delta \theta = (20 \times 10^2 \text{ cm}) \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = \frac{(6 \text{ cm})}{(10^{-4} \text{ } / ^\circ\text{C}) (20 \times 10^2 \text{ cm})} = 3^\circ\text{C}$$

$$\theta_T = \theta_1 + \Delta \theta = -5 + 3 = -2^\circ\text{C}$$

عجله نکنید! دما برحسب کلوین خواسته شده:

$$T_T = \theta_T + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

۶۵۰. در این سؤال، هم مخزن انبساط می‌یابد هم روغن؛ پس ابتدا باید انبساط ظاهری را به دست آوریم:

$$\Delta V = (\beta - 3\alpha) V_1 \Delta T \Rightarrow \Delta V = (5 \times 10^{-4} \text{ } / ^\circ\text{C} - 3 \times 4 \times 10^{-5} \text{ } / ^\circ\text{C}) \times 60 \text{ cm}^3 \times 5^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 1/14 \text{ cm}^3$$

اکنون ببینیم ارتفاع این حجم از روغن در لوله، چند سانتی‌متر است:

$$\Delta V = A \Delta h \Rightarrow 1/14 = 0.2 \Delta h \Rightarrow \Delta h = 5/7 \text{ cm}$$

۶۵۱. مایع به اندازهٔ انبساط ظاهری‌اش از ظرف بیرون می‌ریزد؛ بنابراین:

$$\Delta V' = (\beta - 3\alpha) V_1 \Delta \theta$$

$$= \underbrace{(1/2 \times 10^{-5} \text{ } / ^\circ\text{C} - 3 \times 1/2 \times 10^{-6} \text{ } / ^\circ\text{C})}_{8/4 \times 10^{-6}} \times (20 \text{ cm}^3) \times (20^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$\Rightarrow \Delta V = 0.00168 \text{ cm}^3$$

۶۵۲. نادرست - هر چه گرمای ویژه بیشتر باشد، انرژی گرمایی بیشتری برای تغییر دمای یک درجه‌ای لازم است.

۶۵۳. نادرست - دقت کنید که ظرفیت گرمایی علاوه بر جنس، به جرم جسم بستگی دارد:

$$C = mc$$

$$\frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \text{ یا } \frac{J}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{۶۵۴. اختلاف دما}$$

$$J/K \quad \text{۶۵۵. جرم}$$

۶۵۶. چون گرمای ویژه آب بالا است و می‌تواند گرمای بیشتری از موتور بگیرد.

۶۵۹. از آنجا که حجم آب دریاها و دریاچه‌ها بسیار زیاد است، ظرفیت گرمایی خیلی بالایی دارند؛ به همین خاطر می‌توانند گرمای زیادی از محیط بگیرد یا به محیط بدهد، بی‌آنکه دمای خودش تغییر محسوسی بکند.

۶۶۰. یعنی اگر به آن جسم ۲۰۰۰ J گرما بدهید، دمای آن ۱°C افزایش می‌یابد.

۶۴۲. زمانی دو ورقه با هم تماس پیدا می‌کنند که مجموع افزایش طول دو ورقه برابر با فاصلهٔ فعلی بین آن‌ها باشد. از آنجا که در حالت فعلی فاصلهٔ بین دو ورقه برابر $\Delta L = 202/1 - 2(100) = 2/1 \text{ mm}$ است؛ به رابطهٔ زیر می‌رسیم:

$$\text{افزایش طول ورقهٔ آلومینیومی} + \text{افزایش طول ورقهٔ برنجی} = \text{فاصلهٔ بین دو ورقه}$$

$$\Rightarrow \Delta L = \Delta L_{Al} + \Delta L_{Br}$$

$$\Delta L = L_{Al} \alpha_{Al} \Delta T_{Al} + L_{Br} \alpha_{Br} \Delta T_{Br}$$

$$\frac{L_{Al} = L_{Br} = L_1}{\Delta T_{Al} = \Delta T_{Br} = \Delta T} \rightarrow \Delta L = L_1 \Delta T (\alpha_{Al} + \alpha_{Br})$$

$$\frac{\Delta L = 2/1 \text{ mm}}{L_1 = 100 \text{ mm}} \rightarrow 2/1 \text{ mm} = (100 \text{ mm}) \Delta T (23 \times 10^{-6} + 19 \times 10^{-6})$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{2/1 \text{ mm}}{(100 \text{ mm})(42 \times 10^{-6} \text{ } / \text{K})} = 500^\circ\text{C}$$

۶۴۳. اول ببینیم حجم اولیهٔ این استوانهٔ فلزی چه قدر است:

$$V_1 = \pi r^2 h = 3 \times (5)^2 \times 40 \text{ cm}^3 = 3000 \text{ cm}^3$$

حالا مثل سؤال‌های قبل، صرفاً یک جای‌گذاری ساده پیش رویمان است:

$$\Delta V = 3\alpha V_1 \Delta \theta = 3 \times (12 \times 10^{-6} \text{ } / ^\circ\text{C}) \times (3000 \text{ cm}^3) \times (60 - 10)^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 5/4 \text{ cm}^3$$

۶۴۴. با نوشتن رابطهٔ انبساط حجمی و جای‌گذاری گفتهٔ سؤال، به مقصودمان خواهیم رسید:

$$\Delta V_1 = 3\alpha V_1 \Delta \theta \Rightarrow V_1 \beta_1 \Delta \theta = 3(2V_1) \beta_2 \Delta \theta \Rightarrow \beta_1 = 6\beta_2$$

$$\Rightarrow 3\alpha_1 = 6(3\alpha_2) \Rightarrow \alpha_1 = 6\alpha_2 \Rightarrow (2\alpha_1) = 6(2\alpha_2)$$

یعنی ضریب انبساط سطحی جسم اول، ۶ برابر ضریب انبساط سطحی جسم دوم است.

۶۴۵ الف) از آنجا که افزایش دما و جنس سه جسم با هم یکسان است، با توجه به رابطهٔ $\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta$ ، تنها عامل تعیین‌کننده برای افزایش ارتفاع، ارتفاع اولیهٔ اجسام است؛ با این حساب، جسم (۲) بیشترین افزایش ارتفاع را دارد. ($L_1 = 4a$)

ب) با همین استدلال، عامل تعیین‌کننده برای افزایش مساحت سطح بالایی، مساحت اولیهٔ سطح بالایی است که در بین این اجسام، جسم (۳) بیشترین مساحت اولیه را دارد ($A = 2a \times 4a = 8a^2$).

پ) حجم اولیهٔ هر سه جسم یکسان است؛ پس افزایش حجم هر سه جسم با هم برابر است.

$$V_1 = V_T = V_3 = a \times 2a \times 4a = 8a^3$$

۶۴۶. قبل از هر چیز ببینیم طول میله بعد از افزایش دما (L) چند متر می‌شود:

$$L = L_0(1 + \alpha \Delta \theta)$$

$$= (3/77 \text{ m})(1 + (25 \times 10^{-6} \text{ } / ^\circ\text{C})(32^\circ\text{C})) = 3/773 \text{ m}$$

مطابق شکل، میله از شکافی که در وسط آن قرار دارد، به سمت بالا تاب برداشته است؛ در این حالت با توجه به رابطهٔ فیثاغورس، اندازهٔ x را حساب می‌کنیم:

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = x^2 + \left(\frac{L_0}{2}\right)^2$$

$$\Rightarrow x = \sqrt{\frac{L^2}{4} - \frac{L_0^2}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{L^2 - L_0^2}$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2} \sqrt{(3/773)^2 - (3/77)^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{14/235 - 14/213} = \frac{1}{2} (0/148) = 0/074 \text{ m} = 74 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2} \sqrt{L^2 - L_0^2}$$

$$\Rightarrow x = \frac{1}{2} \sqrt{(3/773)^2 - (3/77)^2}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{14/235 - 14/213} = \frac{1}{2} (0/148) = 0/074 \text{ m} = 74 \text{ mm}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{14/235 - 14/213} = \frac{1}{2} (0/148) = 0/074 \text{ m} = 74 \text{ mm}$$