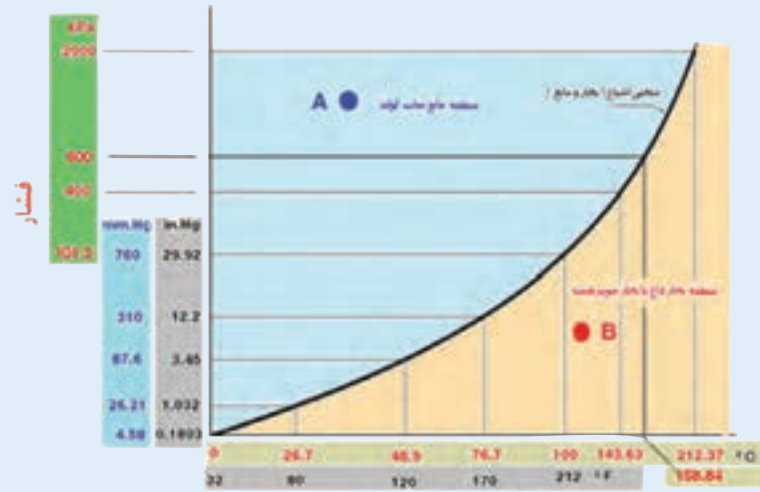
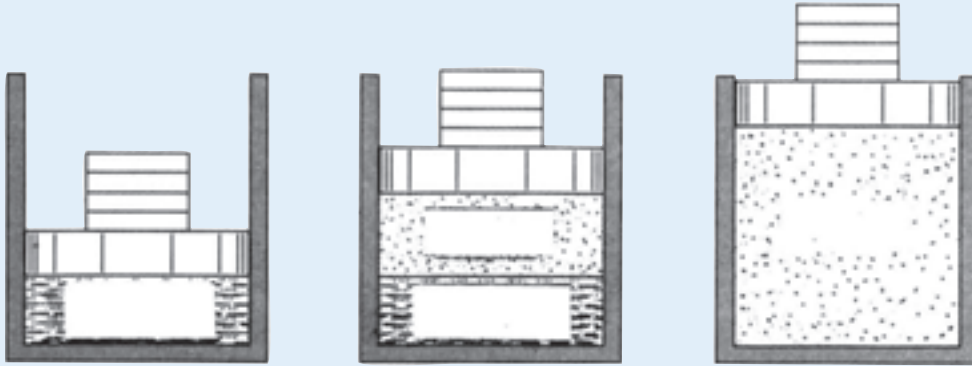


فصل اول



دما (درجه حرارت)

کلیات

پس از پایان آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود بتواند :

- ۱- گرما را توضیح دهد.
- ۲- نظریه جنبشی مولکولی را توضیح دهد.
- ۳- دما را توضیح دهد.
- ۴- اندازه‌گیری دما را توضیح دهد.
- ۵- نمودار دما - گرما را برای آب شرح دهد.
- ۶- بخار اشباع و مایع اشباع را شرح دهد.
- ۷- نمودار دما - حجم آب را توضیح دهد.
- ۸- فشار را تعریف کند.
- ۹- فشار اتمسفر - فشار نسبی و فشار مطلق را توضیح دهد.

۱- کلیات

۱-۱- گرما (حرارت)

سوراخ کاری تولید می‌شد و آبی که برای خنک کردن مته‌ها به کار برده می‌شد توجه او را جلب کرد و این حقیقت را برای تامسون روشن کرد که گرما هنگامی تولید می‌شود که روی مته‌ها کار مکانیکی انجام شود. این نتیجه‌گیری نقطه‌ای برای اشتباه بودن نظریه کالریک بود. آزمایش‌های دیگری که پژوهشگران بعدی مانند ژول^۲، فاراد^۳ و ماکسول^۴ انجام دادند نظریه تامسون را تأیید کرد. مفهوم پیشین از گرما به عنوان سیالی مرموز منسوخ شد و ایده نوبی از گرما به عنوان انرژی حرکت مولکولی پذیرفته شد این مفهوم را اغلب فرضیه جنبشی - مولکولی می‌نامند.

فلاسفه زمان باستان بر این باور بودند که گرما سیالی نادیدنی است که از جسم گرم به سوی جسم سرد می‌رود و از کالری (معادل لاتین گرما) برای معرفی این سیال به کار برده می‌شد. آزمایش‌های تامسون^۱ (۱۸۱۴-۱۷۵۳) ثابت کرد که گرما در واقع انرژی حرکتی مولکول‌هاست.

تامسون در حدود سال ۱۷۹۵ در یک کارخانه نظامی کار می‌کرد. سوراخ کاری توپ‌های برنجی یکی از کارهایی بود که زیر نظر او انجام می‌گرفت. گرمای خیلی زیادی که در هنگام

۱- Sir Benjamin Thompson (۱۷۵۳-۱۸۱۴)

۲- Michael faraday (۱۷۹۱-۱۸۶۷)

۲- Jam Prescott joule(۱۸۱۸-۱۸۸۹)

۴- James Maxwell(۱۸۳۱-۱۸۷۹)

۱-۲- مولکول‌ها و گرما

می‌کنیم انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. طبق نظریه «جنبشی مولکولی» گرما مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی مولکول‌هاست. واحد اندازه‌گیری گرما در سیستم SI، ژول^۱ «J» است.

طبق نظریه جنبشی - مولکولی همه اجسام از ذرات ریزی به نام مولکول تشکیل شده‌اند چون مولکول‌های اجسام حرکت می‌کنند «انرژی جنبشی» دارند و به سبب وضع و حالتی که نسبت به یکدیگر دارند «انرژی پتانسیل» نیز دارند. وقتی جسمی را گرم

بیشتر بدانیم

کیلو کالری، کالری^۲ (cal) و بی تی یو^۳ (Btu) واحدهای دیگری هستند که در اندازه‌گیری مقدار گرما به کار می‌روند.

$$1 \text{ Cal} = 4186 \text{ J}$$

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

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

$$1 \text{ kcal} = 397 \text{ Btu} \approx 4 \text{ Btu}^*$$

۱-۳- دما (درجه حرارت)

به‌طور کامل بسته و عایق باشد کبریتی روشن کنید و سپس دماسنج نصب شده در اتاق را به دقت تحت نظر بگیرید با وجود اینکه دمای شعله کبریت بالای 1000°C می‌باشد نمی‌توانید مقدار گرمایی را که هوای اتاق را گرم می‌کند اندازه بگیرید سپس اجازه دهید یک شمش فولادی به وزن 300 kg و دمای 200°C داخل همان اتاق بیاوریم در مدت زمان کمتری، دیگر نیازی به دماسنج جهت گرفتن دمای اضافه شده به هوای اتاق از طریق شمش فولادی را نداریم و آشکارا افزایش دمای اتاق احساس می‌شود. گرچه دمای شعله کبریت خیلی بیشتر از شمش فولادی می‌باشد اما شمش فولادی گرمای خیلی بیشتری داشته و دمای اتاق را بالا می‌برد. (شکل ۱-۱)

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم سرعت مولکول‌ها و انرژی داخلی آن افزایش می‌یابد. این افزایش به صورت افزایش دما متجلی می‌شود. برعکس با گرفتن گرما (انرژی) از جسم، سرعت مولکول‌ها و دمای جسم کاهش می‌یابد.

دما را نباید با گرما که شکلی از انرژی است اشتباه کرد. دما میزان سرعت حرکت مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد. در حالی که گرما نه تنها نشان دهنده میزان سرعت حرکت مولکول‌هاست بلکه تعیین‌کننده تعداد مولکول‌هایی است که تحت تأثیر آن قرار گرفته‌اند. مثلاً یک قاشق مسی (100 گرمی) که تا 800 درجه سلسیوس گرم شده است به اندازه یک شمش مسی 5 کیلو گرمی که تا 200 درجه سلسیوس گرم شده است گرما ندارد ولی دمای آن بیشتر است و یا فرض کنید در اتاقی که نشست‌اید

۱- Joule

۲- Calorie

۳- British Thermal Unit (B.t.u)

* یک Btu تقریباً برابر گرمایی است که از سوختن یک چوب کبریت آزاد می‌شود.



شکل ۱-۱- شعله کبریت دمای بیشتری را از شمش فولادی دارد با وجود این شمش فولادی گرمای بیشتری را در وجود خود نگه داشته و هوای اتاق را بیشتر گرم خواهد کرد.

۱-۳-۱- اندازه گیری دما: وسیله اندازه گیری دما، عقربه‌ای و الکترونیکی را نشان می‌دهد. دماسنج است. شکل ۱-۲ انواع دماسنج‌های با ساقه شیشه‌ای،



ج) دماسنج الکترونیکی



الف) دماسنج با ساقه شیشه‌ای



ب) دماسنج عقربه‌ای

شکل ۱-۲

$$K = 273 + 100 = 373$$

مثال: کم‌ترین دمای ممکن °K است.

این مقدار برابر چند درجه سلسیوس است؟

$$K = 273 + ^\circ C$$

$$0 = 273 + ^\circ C \rightarrow ^\circ C = -273$$

واحد سنجش دما در سیستم SI کلون (K) است. درجه

سلسیوس واحد دیگری است که در اندازه گیری دما متداول است.

$$K = C + 273$$

مثال: دمای جوش آب °C 100 است. دمای جوش آب

بر حسب درجه کلون خواهد بود:

$$K = 273 + ^\circ C$$

بیشتر بدانیم

واحد متداول دیگر در اندازه‌گیری دما درجه فارنهایت (°F) است. برای تبدیل دمای فارنهایت به سلسیوس و برعکس از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$\frac{F-32}{180} = \frac{C}{100}$$

مثال: دمای جوش آب بر حسب درجه فارنهایت خواهد بود:

$$\frac{F-32}{180} = \frac{100}{100}$$

$$100(F-32) = 100 \times 180$$

$$100F - 3200 = 18000$$

$$100F = 21200$$

$$F = 212$$

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

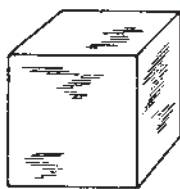
$$C = \frac{5}{9}(F-32)$$

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

۱-۴ سه حالت ماده

در دماهای بالاتر از 100°C به گاز یا بخار تبدیل می‌شود. به همین ترتیب سرب معمولاً جامد است ولی در 327°C مایع و در 1621°C بخار می‌شود. دی‌اکسید کربن معمولاً به صورت گاز است ولی در دمای 79°C جامد (یخ خشک) می‌شود. در شکل ۱-۳ سه حالت جامد، مایع و گاز مربوط به آب را ملاحظه می‌کنید.

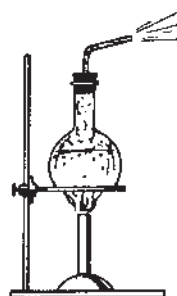
در دماها و فشارهای معمولی، مواد به سه حالت دیده می‌شوند. به صورت جامد مانند فلز و چوب، به صورت مایع مانند آب، الکل و بنزین و به صورت گاز مانند اکسیژن، ازت و دی‌اکسید کربن. ما از روی عادت فکر می‌کنیم که آب همیشه مایع است ولی ما می‌دانیم که در دمای زیر 100°C آب جامد (یخ) می‌شود یا



یخ (جامد)
 0°C و پایین‌تر



آب (مایع)
 0°C تا 100°C



بخار آب داغ (بخار)
 100°C و بالاتر

شکل ۱-۳ - سه حالت ماده (آب)

نمی‌شوند. در مورد مایعات قانون پاسکال دارای اهمیت است طبق این قانون فشار وارد بر یک نقطه از مایع عیناً به تمام نقاط آن وارد می‌شود.

آب در دمای اتاق و فشار جو به حالت مایع است در این حالت مولکول‌های آب به قدر کافی از هم دور هستند که بر روی هم بلغزند و شکل ظرف را به خود بگیرند ولی از هم جدا

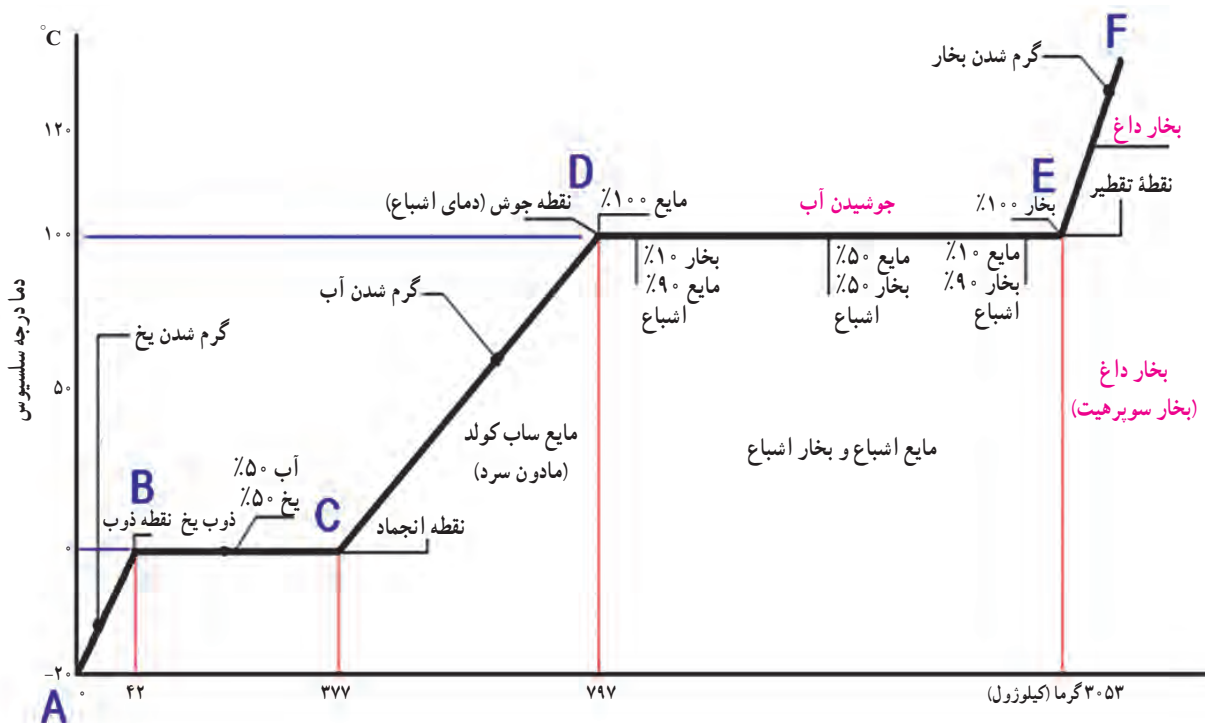
بیشتر شود میزان ارتعاش بیشتر می‌شود، از آن جایی که آب ماده متداولی است و تغییر حالت آن در فشار جو و دماهای معمولی روزمره صورت می‌گیرد از آب به عنوان مثال برای بررسی تغییر حالت استفاده می‌کنیم.

۵-۱- نمودار دما-گرما (T-H) برای آب

یک کیلوگرم یخ با دمای 2°C در ظرفی که دماسنجی داخل آن است آماده می‌کنیم. ظرف را توسط شعله‌ای گرم می‌کنیم و تغییرات حاصل بر روی دمای آب در حالت‌های مختلف بر روی نموداری که محور افقی آن بر حسب kJ (کیلو ژول) و محور عمودی آن بر حسب درجه سلسیوس ($^{\circ}\text{C}$) مدرج شده است درج می‌نماییم. نموداری مطابق شکل ۴-۱ به دست می‌آید.

اگر در فشار جو به آب گرما داده شود تا دما به 100°C برسد آب می‌جوشد و بخار آب تشکیل می‌شود و تغییر حالت از مایع به گاز صورت می‌گیرد. بخار آب همان حالت گازی آب است. در حالت گازی مولکول‌ها از هم دورند و نیروی بین مولکولی خیلی کم است. مولکول‌ها می‌توانند آزادانه در هر جهتی حرکت نمایند و به همدیگر برخورد نمایند برعکس مایعات که تراکم‌پذیر نیستند و گازها تراکم‌پذیر می‌باشند.

اگر آب را سرد کنیم تا دمای آن به 0°C برسد تشکیل یخ آغاز می‌شود. در حالت یخ آب به صورت جامد است. جسم جامد حالتی از ماده است که بدون اتکا به چیزی شکل و وضعیت خود را حفظ می‌کند. مولکول‌ها در یک جا ثابت هستند و دائماً در حال ارتعاش می‌باشند. دامنه ارتعاش آن‌ها به میزان دما بستگی دارد هر چه دما کمتر باشد ارتعاش مولکول کمتر است و اگر دما



شکل ۴-۱- نمودار دما-گرما

نقطه A نشان‌دهنده یک کیلوگرم یخ 2°C در ابتدای آزمایش است. با گرم شدن ظرف دمای یخ افزایش پیدا می‌کند تا در نقطه B دمای یخ به 0°C می‌رسد خط مورب AB افزایش در نقطه B با دمای 0°C یخ شروع به ذوب شدن می‌نماید.

نقطه A نشان‌دهنده یک کیلوگرم یخ 2°C در ابتدای آزمایش است. با گرم شدن ظرف دمای یخ افزایش پیدا می‌کند تا در نقطه B دمای یخ به 0°C می‌رسد خط مورب AB افزایش در نقطه B با دمای 0°C یخ شروع به ذوب شدن می‌نماید.

گرم کردن ظرف ادامه دارد ملاحظه می شود که درجه دماسنج روی $^{\circ}\text{C}$ ثابت مانده و تغییری نمی کند ولی به تدریج به میزان آب اضافه می شود و از مقدار یخ کاسته می گردد. معلوم می شود که گرمای داده شده صرف تبدیل یخ به آب شده است. خط افقی دما ثابت BC ذوب شدن یخ در دمای $^{\circ}\text{C}$ را نشان می دهد. در نقطه C آخرین ذره یخ آب می شود. در فاصله نقطه B تا نقطه C، $335\text{kJ} = 42 - 377$ گرما به یخ داده شده است.

پس از تمام شدن فرآیند ذوب یخ مشاهده می کنیم که دما افزایش پیدا می کند. هر چه بر میزان گرمای داده شده افزوده می شود، میزان دمای آن نیز افزایش می یابد. تا در نقطه D دما به $^{\circ}\text{C}$ 100 می رسد و آب به جوش می آید. خط مورب CD افزایش دمای آب از $^{\circ}\text{C}$ 100 تا $^{\circ}\text{C}$ 100 را نشان می دهد. در این مرحله $420\text{kJ} = 377 - 797$ گرما به آب داده شده است.

از نقطه D که آب به جوش می آید باز هم ملاحظه می شود که با افزایش گرما دما ثابت می ماند این فرآیند تا نقطه E که آخرین ذره مایع به بخار تبدیل می شود ادامه دارد در این مرحله $2256\text{kJ} = 797 - 3053$ گرما به آب اضافه شده است. خط EF نشان می دهد اگر بخار تولیدی در ظرف بسته باشد و عمل گرمادهی ادامه یابد دمای بخار بالاتر خواهد رفت.

با توجه به نمودار مذکور به تعاریف زیر می پردازیم.

— **نقطه ذوب**^۱: نقطه ذوب عبارت از دمایی است که هر جسم جامد در فشار معینی در آن دما به مایع تبدیل می شود. نقطه ذوب آب (یخ) در فشار اتمسفر برابر $^{\circ}\text{C}$ 0 است. افزایش فشار وارد بر جسم به جز در چند مورد سبب بالا رفتن نقطه ذوب آن می شود. در بعضی از مواد مانند یخ افزایش فشار سبب کاهش نقطه ذوب می شود.

— **گرمای نهان ذوب**: گرمای نهان ذوب یک جسم جامد برابر است با مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از آن جسم جامد در نقطه ذوب بدهیم تا در همان دما به مایع تبدیل شود. گرمای نهان ذوب برابر با گرمایی است که در نمودار در فاصله نقطه B تا نقطه C به آب داده شد که برابر $\frac{335\text{kJ}}{\text{kg}}$ می باشد.

— **نقطه جوش**^۲: دمایی را که در آن هر مایعی در فشار ثابت معینی به جوش می آید، نقطه جوش می نامند. نقطه جوش آب در فشار اتمسفر برابر با $^{\circ}\text{C}$ 100 است. نقطه جوش هر مایع به فشار وارد بر سطح آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر سطح مایع سبب بالا رفتن نقطه جوش می شود.

— **گرمای محسوس**^۳: به گرمایی که سبب بالا رفتن دمای جسم شود گرمای محسوس گویند. در نمودار ۴-۱ گرمای داده شده به یخ از نقطه A تا B (42kJ) و گرمای داده شده به آب از نقطه C تا D (420kJ) را گرمای محسوس گویند زیرا موجب بالا رفتن دمای یخ از $^{\circ}\text{C}$ 0 تا $^{\circ}\text{C}$ 100 و بالا رفتن دمای آب از $^{\circ}\text{C}$ 100 تا $^{\circ}\text{C}$ 100 شده است.

— **گرمای نهان**^۴: به گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می شود تا سبب تغییر حالت آن جسم شود گرمای نهان گفته می شود و به صورت گرمای نهان ذوب و گرمای نهان تبخیر وجود دارد. در نمودار ۳-۱ 335kJ گرمایی که از نقطه B تا C به آب داده می شود گرمای نهان ذوب آب و 2256kJ گرمایی که از نقطه D تا E در حین جوش به آب داده شده است گرمای نهان تبخیر می باشد.

۶-۱- بخار اشباع و مایع اشباع

یک کیلوگرم آب در داخل سیلندر و پیستون نشان داده شده در شکل ۵-۱ را در نظر می گیریم. فرض می کنیم پیستون و وزنه روی آن فشار یک اتمسفر را در سیلندر برقرار نمایند و دمای اولیه آب $^{\circ}\text{C}$ 20 باشد. با انتقال گرما به آب دمای آن بالا می رود و حجم نیز کمی افزایش می یابد (فشار ثابت است). این حالت در شکل ۵-۱ الف نشان داده شده است.

با ادامه گرمادهی وقتی دمای آب به $^{\circ}\text{C}$ 100 می رسد تغییری در حالت (فاز) مشاهده می شود که در شکل ۵-۱ ب نشان داده شده است یعنی مقداری از مایع به بخار تبدیل می شود. در طول این فرایند دما ثابت باقی می ماند ولی حجم به مقدار قابل ملاحظه ای افزایش می یابد.

با ادامه گرمادهی به ظرف زمانی می رسد که تمام آب مایع به

۱- Melting point

۳- Sensible Heat

۲- Boiling point

۴- Latent Heat



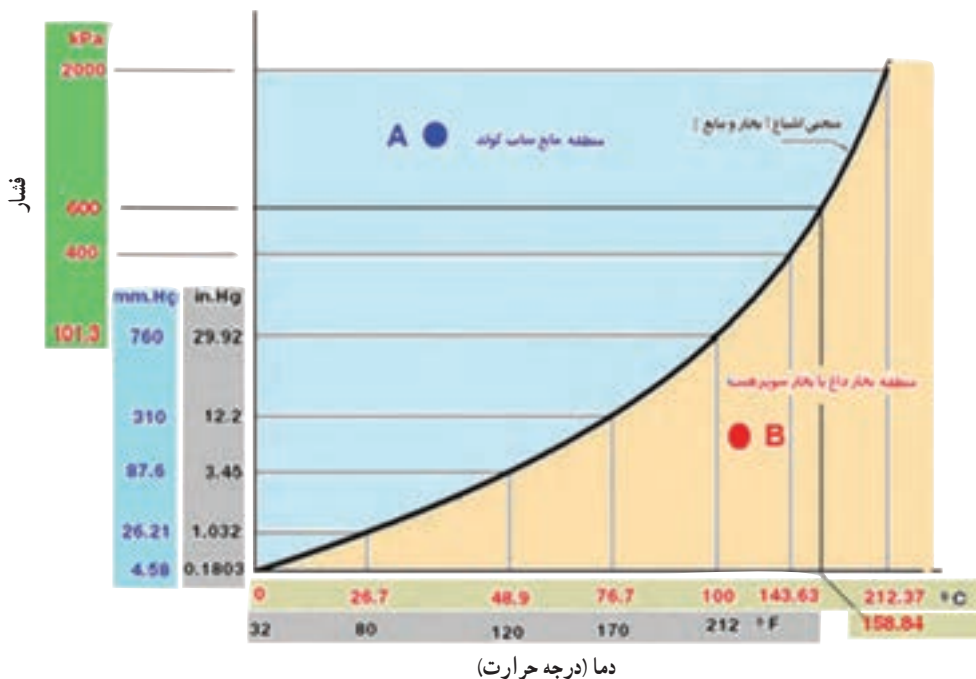
شکل ۱-۵- بخار اشباع و فشار اشباع

خالص رابطه معینی بین فشار اشباع و دمای اشباع وجود دارد. که نمونه‌ای از آن در منحنی «فشار - دما» در شکل ۱-۶ نشان داده شده است. این منحنی رابطه فشار با دمای اشباع برای آب را نشان می‌دهد.

چنانچه ماده‌ای به صورت مایع در دما و فشار اشباع وجود داشته باشد «مایع اشباع»^۱ نامیده می‌شود. اگر دمای مایعی کمتر از دمای اشباع در یک فشار معین باشد مایع «بیش سرد» یا «ساب کول»^۲ خوانده می‌شود (نقطه A).

بخار آب تبدیل می‌شود این حالت در شکل ۱-۵- پ نشان داده شده است. هرگونه افزایش گرما به این ظرف موجب بالا رفتن دمای بخار آب می‌شود.

در یک فشار معین عبارت «دمای اشباع» نشان‌دهنده دمایی است که عمل جوش در آن اتفاق می‌افتد. فشار مربوط به دمای اشباع را فشار اشباع می‌نامند. بنابراین برای آب دمای جوش 100°C دمای اشباع در فشار یک اتمسفر است و فشار یک اتمسفر فشار اشباع در دمای 100°C می‌باشد. برای هر ماده



شکل ۱-۶- منحنی - فشار - دما برای آب

۱ - Saturated liquid

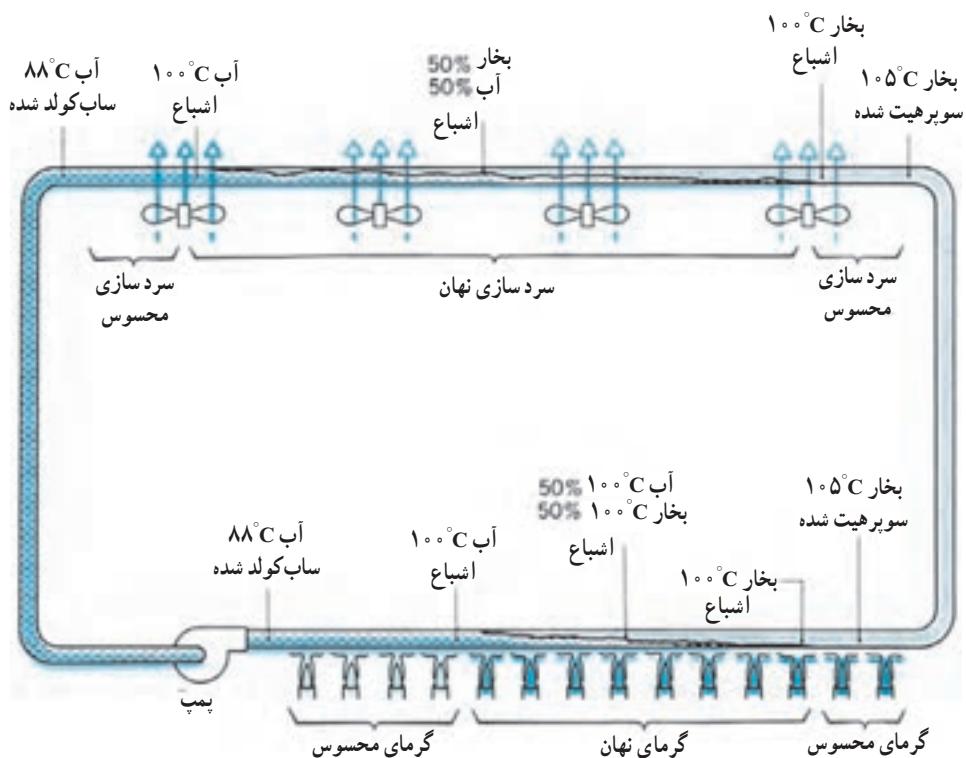
۲ - Subcooled liquid

آب به بخار تبدیل می‌شود. گرمای داده شده به آب در این مرحله از نوع گرمای نهان است. وقتی تمام آب به جوش آمده و تبدیل به بخار شود افزایش گرما باعث افزایش دمای بخار تا 105°C می‌شود (گرمای محسوس) و بخار سوپرهیت حاصل می‌شود.

و اگر در قسمت‌های بعدی با استفاده از فن‌های سردکننده اقدام به گرفتن گرما از سیستم نماییم، ابتدا بخار سوپرهیت گرمای خود را از دست می‌دهد (گرمای محسوس) و به دمای اشباع 100°C می‌رسد. با ادامه عمل گرماگیری بخار اشباع تبدیل به مایع اشباع می‌شود (گرمای نهان) و در نهایت مایع سبک کولد با دمای 88°C به دست می‌آید که وارد پمپ می‌گردد.

هرگاه ماده به صورت بخار در فشار اشباع وجود داشته باشد به آن «بخار اشباع» گویند. و اگر بخار در دمایی بالاتر از دمای اشباع باشد، «بخار بیش گرم» یا «بخار داغ» یا «بخار سوپرهیت» نامیده می‌شود (نقطه B).

مثال : شکل ۷-۱ مفاهیم دمای اشباع، سبک کولد شدن و سوپرهیت شدن به یکدیگر گره می‌زند. سیستم بسته‌ای در نظر بگیرید که تمام قسمت‌های آن به طور تقریب در فشار اتمسفریک نگه داشته شده باشد. آب خروجی از پمپ دارای دمایی 88°C است که در شرایط سبک کولد قرار دارد. با افزودن گرما دمای آب تا 100°C بالا می‌رود (گرمای محسوس). اگر به گرما دادن ادامه دهیم دما در 100°C (دمای اشباع) ثابت می‌ماند در حالی که



شکل ۷-۱ سیال (آب) با گرفتن و پس دادن گرما می‌تواند بجوشد یا تقطیر شود.

پرسش: در شکل ۸-۱ حالت بخار و مایع را مشخص کنید.

- مایع اشباع
- مایع ساب کولد
- بخار اشباع
- بخار سوپر هیت



ب

- مایع ساب کولد
- مایع اشباع
- بخار اشباع
- بخار سوپر هیت



الف

- بخار سوپر هیت
- بخار اشباع
- مایع اشباع
- مایع ساب کولد



د

- مایع اشباع
- بخار اشباع
- مایع ساب کولد
- بخار سوپر هیت



ج

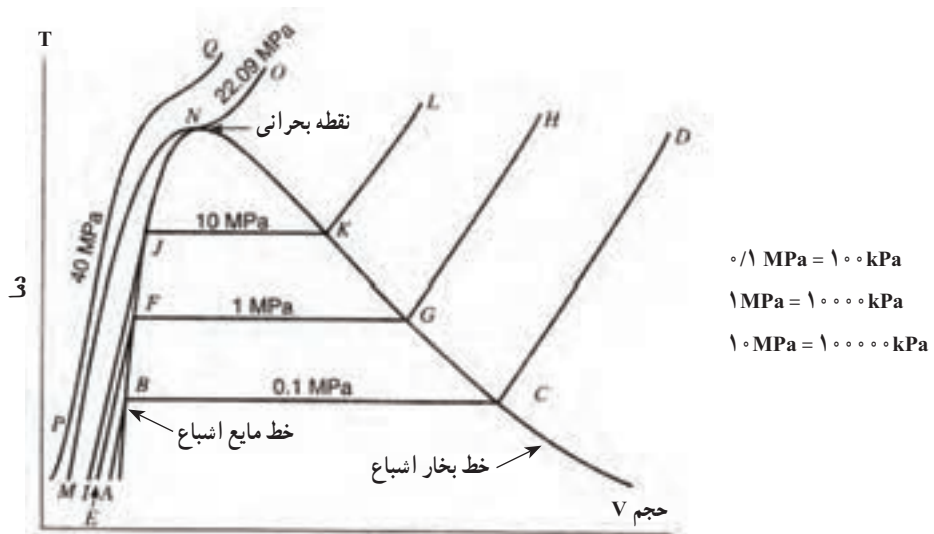
شکل ۸-۱

پیوستن نقاط B، F، J و ... و N به دست می آید را خط مایع اشباع گویند و خطی را که از به هم پیوستن نقاط N، K، G و ... و N به دست می آید خط بخار اشباع گویند.

اگر خط های دمای ثابت مانند BC، FG، IK و ... را با هم مقایسه کنیم مشاهده می شود که هر چه فشار بیشتر می شود، طول خط دمای ثابت کوچکتر می شود تا در نقطه بحرانی تبدیل به یک نقطه (N) می شود.

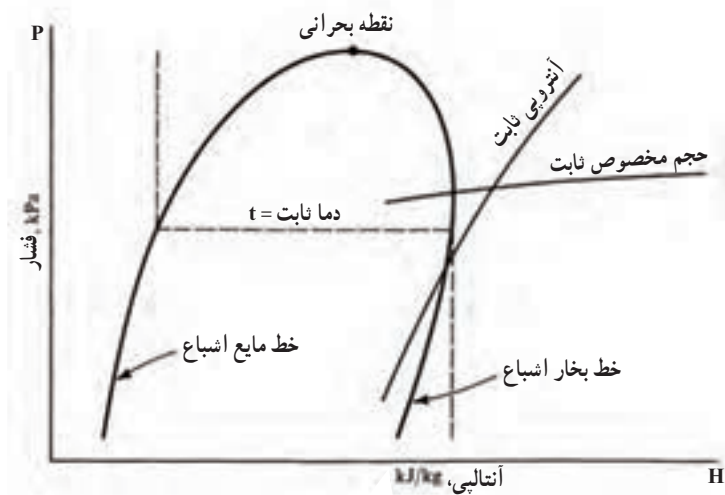
۱-۷- نمودار دما - حجم آب

نمودار دما - گرما را که در شکل ۴-۱ برای آب در فشار ۱۰۰ kPa ترسیم شده است دوباره نگاه کنید اگر از فاز جامد صرف نظر کرده فاز مایع و بخار آن را در فشارهای مختلف برای آب رسم کنیم، نموداری مانند شکل ۹-۱ به دست می آید که ABCD در فشار ۱۰۰ kPa، EFGH در فشار ۱۰۰۰۰ kPa و IJKL در فشار ۱۰۰۰۰۰ kPa رسم شده است. خط منحنی که از به هم



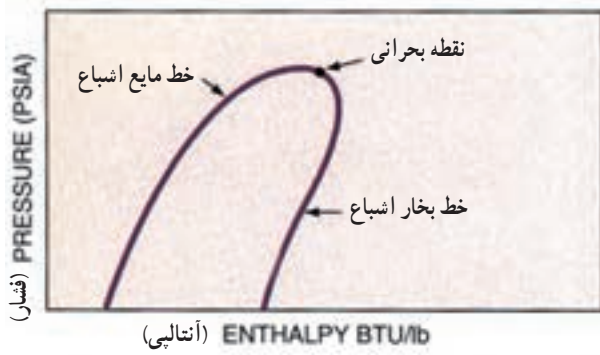
شکل ۹-۱- نمودار دما، حجم آب، نشان دهنده فازهای مایع و بخار (این نمودار با مقیاس رسم نشده است).

برای هر ماده‌ای نموداری شبیه آن چه برای آب در شکل ۹-۱ مشاهده کردید ترسیم می‌شود. از نمودار P-H استفاده می‌شود. در شکل ۱۰-۱ یک نمودار نمودار ترسیم شده را نمودار T-V می‌گویند. در P-H معرفی شده است.

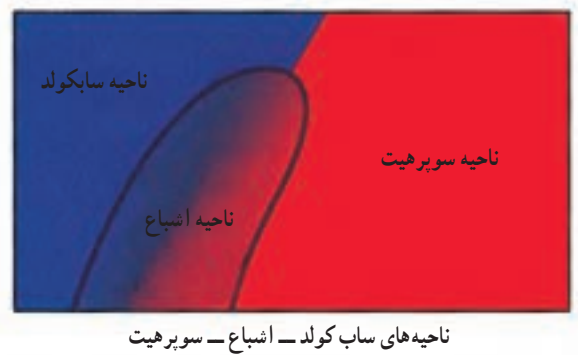


شکل ۱۰-۱- نمودار فشار - آنتالپی یا نمودار P-H

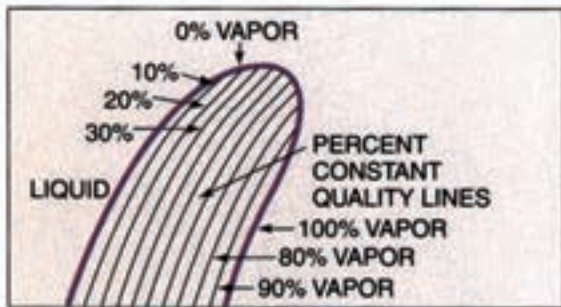
شکل‌های ۱۰-۱۱ خط‌های نمودار P-H را به صورت دیگری معرفی می‌نماید. در شکل ۱۰-۱۲ نمودار P-H ماده‌ی سرمازای R-۲۲ را مشاهده می‌کنید.



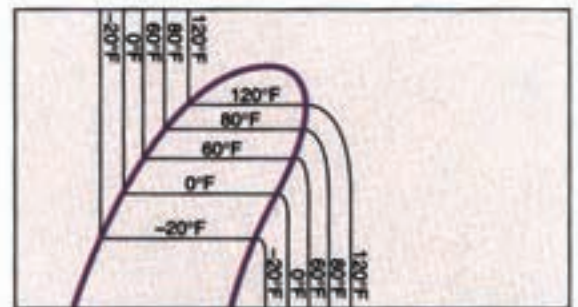
(انتالپی) آنالیز



ناحیه های ساب کولد - اشباع - سوپر هیت



خط های عیار ثابت (درصد بخار)

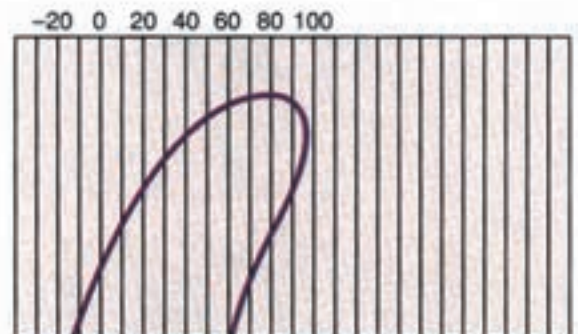


خط های دما ثابت

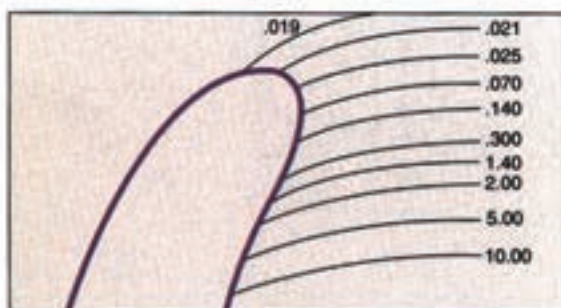


خط های آنترپی ثابت

(BTU/lb)

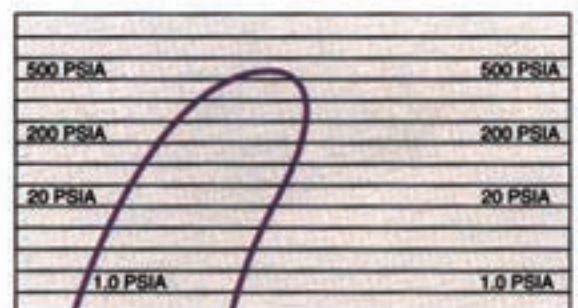


خط های آنتالپی ثابت



خط های حجم ویژه ثابت

(ft³/lb)

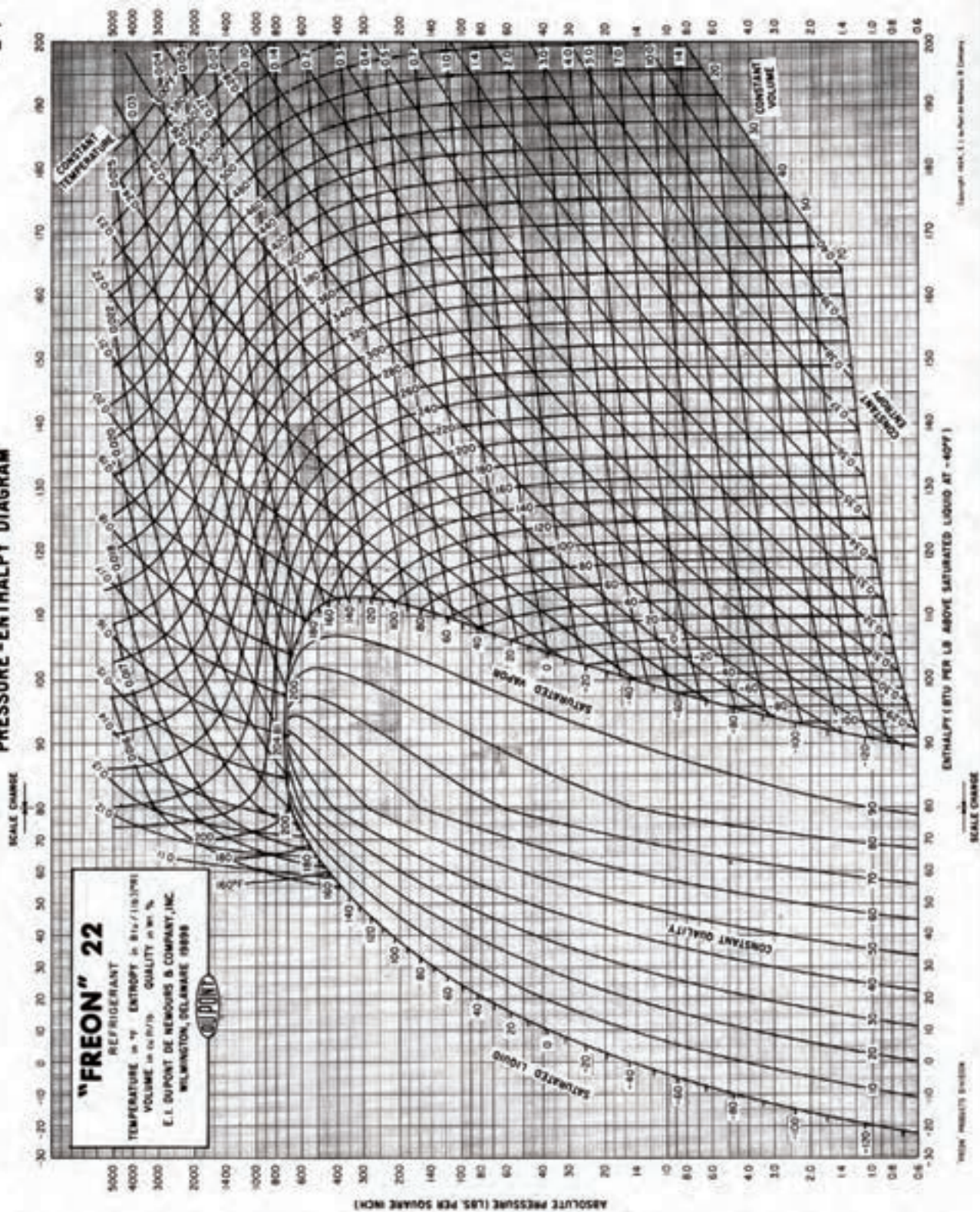


خط های فشار ثابت

شکل ۱۱-۱- معرفی خط های نمودار P-H

C-1

PRESSURE-Enthalpy Diagram



شکل ۱-۱۲ نمودار P-H برای ماده سرمزای R-۲۲

۸-۱- فشار

همان طور که در شکل ۱۳-۱ ملاحظه می‌کنید دو بلوک A

و B دارای وزن یکسان می‌باشند اما فشاری که از طرف بلوک A بر سطح میز وارد می‌شود بسیار کمتر از فشاری است که از طرف بلوک B بر روی سطح میز وارد می‌شود.

$$1 \text{ kg} = 10 \text{ N} \quad \text{فشار بلوک A:}$$

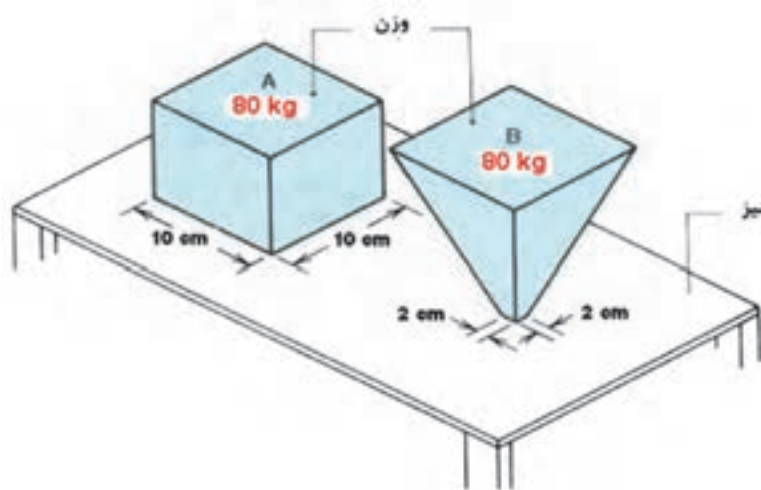
$$P = \frac{100}{1000} = 10000 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ kPa}$$

فشار بلوک B:

$$P = \frac{100}{0.0004} = 25000000 = 2 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 200 \text{ kPa}$$

فشار عبارت است از مقدار نیروی وارد بر سطح $p = \frac{F}{A}$.

در این رابطه اگر نیرو (F) بر حسب نیوتن و سطح (A) بر حسب متر مربع باشد فشار (P) بر حسب N/m^2 یا پاسکال (Pa) خواهد شد. در رابطه فوق هر چه نیرو بزرگ‌تر شود و مساحت کوچک‌تر گردد فشار حاصل بیشتر و بیشتر خواهد بود. فرو کردن پونز بر سطح یک چوب به راحتی انجام می‌شود زیرا مساحت نوک پونز بسیار کم و فشار حاصل بسیار زیاد است.

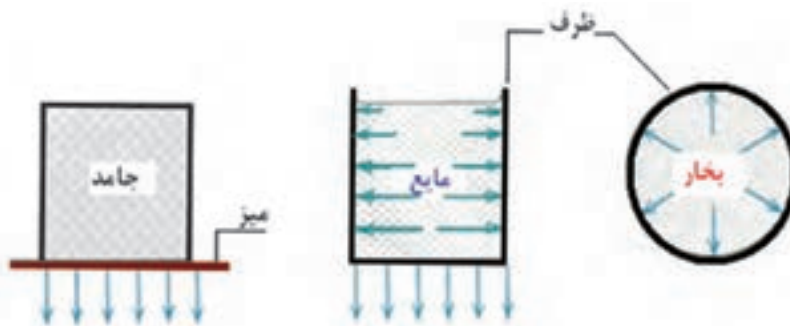


شکل ۱۳-۱- هر بلوک نیرویی معادل ۸۰ کیلوگرم روی میز وارد می‌کند. بلوک A فشاری بر 10 KPa به وجود می‌آورد در حالی که بلوک B فشار برابر 200 KPa را موجب می‌شود.

آن بستگی به ارتفاع مایع دارد. در گازها در تمام سطوح به طور یکسان اعمال می‌شود.

شکل ۱۴-۱- فشار را در سه حالت مختلف ماده نشان

می‌دهد. در یک جسم جامد فشار فقط مستقیماً رو به پایین اعمال می‌شود. در مایعات فشار در سطح جانبی ظرف اعمال شده و مقدار



شکل ۱۴-۱- فشارهای اعمالی برای جامدات، مایعات و بخار

۱-۸-۱- فشار نسبی: فشار نسبی یا فشار مانومتری

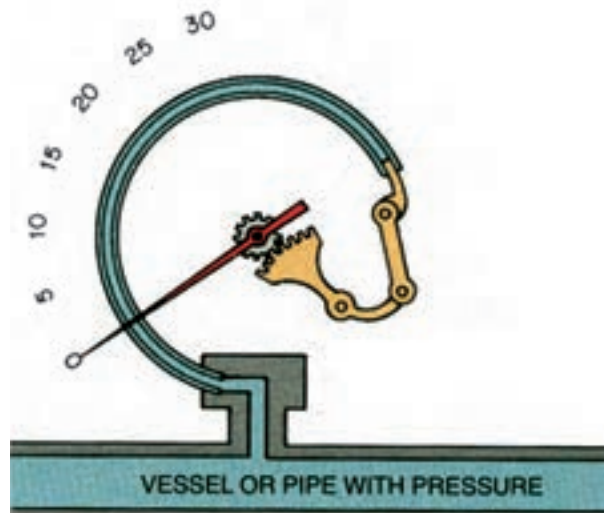
فشاری است که فشارسنج نشان می‌دهد. فشارسنج‌ها فقط اختلاف فشار میان فشار واقعی سیال و فشار جو را اندازه می‌گیرند و طوری درجه‌بندی شده‌اند که در فشار جو، صفر را نشان می‌دهند بدین لحاظ خواندن فشار راحت‌تر می‌شود.

برای اندازه‌گیری فشار نسبی از مانومتر یا فشارسنج بوردون استفاده می‌شود (شکل ۱-۱۵). فشار نسبی را با P_g نشان می‌دهند.



شکل ۱-۱۵- فشارسنج بوردون

لوله بوردون لوله فلزی خمیده بیضی شکلی است که میزان خمیدگی آن بر اثر افزایش فشار سیال داخل لوله کمتر و بر اثر

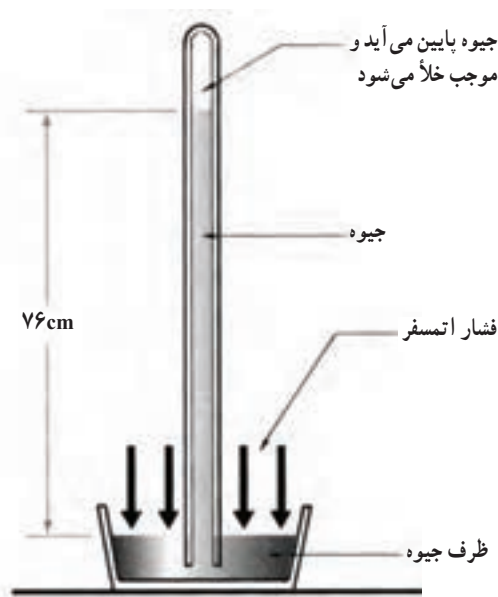


شکل ۱-۱۶- نمایش شماتیک مکانیزم فشارسنج بوردون

کاهش فشار بیشتر می‌شود هر تغییری در خمیدگی لوله از طریق دنده‌ها به عقربه منتقل می‌شود (شکل ۱-۱۶). جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و اندازه خمیدگی لوله بستگی دارد.

۱-۸-۲- فشار اتمسفر: اطراف کره زمین را پوششی

از هوا دربر گرفته است. چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اتمسفر نام دارد. ستونی از هوا را به سطح یک متر مربع در نظر بگیرید که از سطح زمین، همتراز سطح دریا تا حد بالای جو ادامه دارد. جرم این ستون هوا به اندازه‌ای است که نیروی جاذبه وارد بر آن در سطح دریا (سطح قاعده ستون) برابر 101325N می‌شود. چون کل این نیرو بر سطح 1m^2 وارد می‌شود فشار حاصل از جو در سطح دریا 101325N/m^2 (نیوتن بر متر مربع) یا پاسکال (Pa) است. این همان مقدار فشار جو در سطح دریا است که گاهی فشار یک اتمسفر نیز گفته می‌شود. دقت کنید که فشار یک اتمسفر تقریباً برابر فشار یک بار (bar) است. فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد. فشار اتمسفر به وسیله بارومتر اندازه‌گیری می‌کنند و به همین جهت به آن فشار بارومتری نیز می‌گویند (شکل ۱-۱۷). از آن جایی که فشار هر محل با ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند به آن فشار محلی نیز گویند.

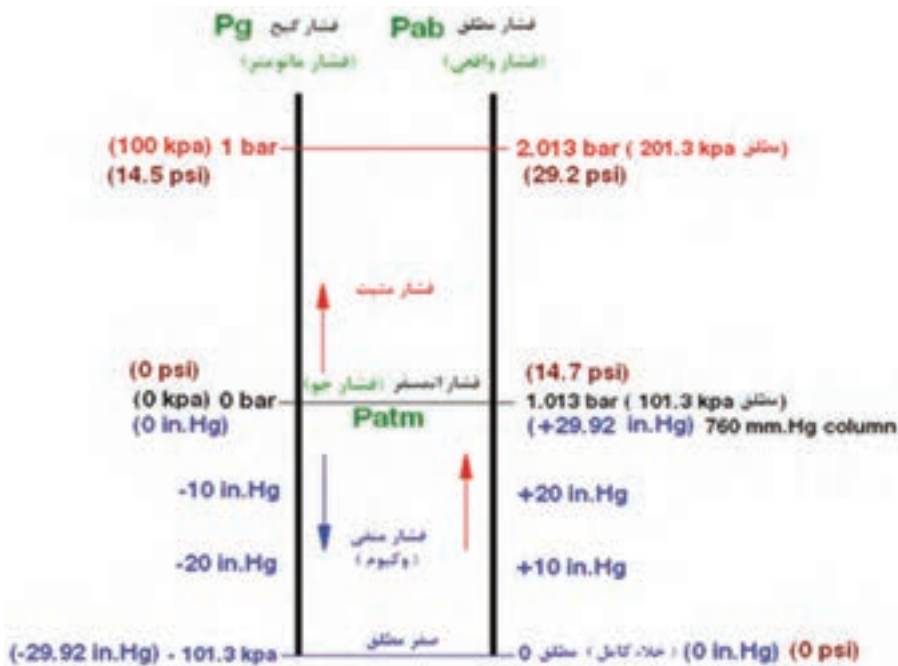


شکل ۱-۱۷- بارومتر جیوه‌ای

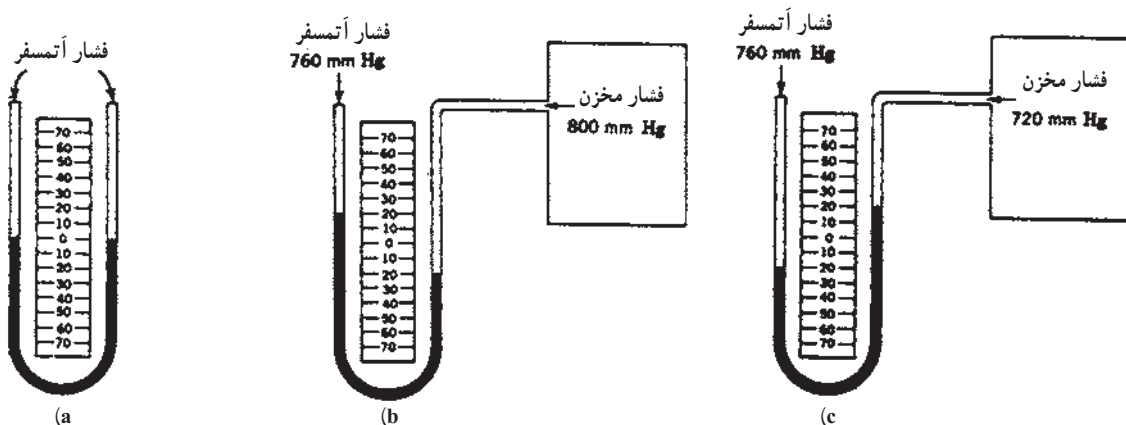
علامت منفی نشان می‌دهند. رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق در شکل ۱۸-۱ آمده است. شکل ۱۹-۱ بیان دیگری برای روشن شدن رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق است.

۳-۸-۱- فشار مطلق: فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموع فشار نسبی و فشار اتمسفر محلی است. فشار نسبی = فشار اتمسفر + فشار مطلق

$$P_{ab} = P_b + P_g$$
 در صورتی که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با



شکل ۱۸-۱- نسبت بین فشار گیج و فشار مطلق



شکل ۱۹-۱- (a) فشار وارد (فشار اتمسفر) به دو سمت لوله برابر و سطح جیوه نیز در لوله برابر است. (b) نشان می‌دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی‌متر جیوه از فشار اتمسفر بیشتر است. (c) نشان می‌دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی‌متر جیوه از فشار اتمسفر (۷۶۰ mmHg) کمتر است.

اینچ مربع) و ارتفاع ستون جیوه (inHg) استفاده می کنند. Psig
نشانه فشار مانومتری و Psia نشانه فشار مطلق است.

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 1.013 \text{ bar} = 14.7 \text{ psi} = 760 \text{ mm.Hg} \\ &= 29.92 \text{ in.Hg} = 10.33 \text{ m.w} = 101325 \text{ pa} \\ &= 1.033 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

واحدهای فشار: واحد فشار در سیستم SI، پاسکال (Pa) یا نیوتن بر متر مربع N/m^2 است. واحد دیگر فشار بار (bar) است. یک بار معادل 100000 Pa است. فشار بر حسب ارتفاع ستون جیوه (cmHg، mmHg) و ارتفاع ستون آب (mwc) نیز سنجیده می شود. در سیستم انگلیسی معمولاً از واحدهای Psi (پوند بر



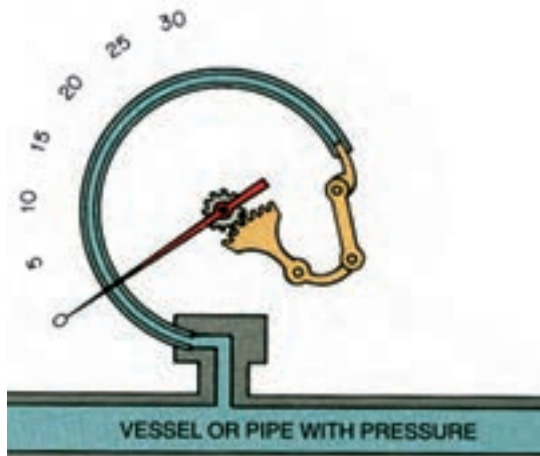
۸-۱- پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

- ۱- با گرم کردن یک جسم کدام تغییر در مولکول‌های آن ایجاد می‌شود:
- الف) کاهش انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی
ب) افزایش انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی
ج) کاهش انرژی پتانسیل
د) کاهش انرژی جنبشی
- ۲- در تغییر بخار 100°C به بخار 110°C کدام فرایند زیر انجام یافته است؟ (امتحان نهایی - شهریور 90°)
- الف) گرم کردن نهان
ب) گرم کردن محسوس
ج) گرم کردن نهان و محسوس
د) ساب کولد و سوپرهیت
- ۳- هنگام تغییر حالت یخ به آب کدام فرایند انجام می‌شود؟
- الف) ساب کولد
ب) سوپرهیت
ج) گرم کردن محسوس
د) گرم کردن نهان
- ۴- مقدار گرمایی که به یک کیلوگرم از جسم جامد در نقطه ذوب بدهیم تا به مایع در همان دما تبدیل شود نامیده می‌شود (امتحان نهایی - خرداد 91)

- الف) نقطه ذوب
ب) گرمای نهان ذوب
ج) گرمای محسوس
د) سوپرهیت
- ۵- به گرمایی که سبب بالا رفتن دمای جسم می‌شود چه می‌گویند؟
- الف) گرمای محسوس
ب) گرمای نهان
ج) گرمای فوق گرم
د) گرمای داغ
- ۶- در کدام حالت ماده، فشار در تمام سطوح به طور یکسان اعمال می‌شود؟
- الف) جامدات
ب) مایعات
ج) گازها
د) مایعات و گازها

۷- شکل مقابل کدام وسیله اندازه‌گیری را نشان می‌دهد؟



- الف) بارومتر
ب) فشارسنج بوردون
ج) دماسنج عقربه‌ای

پرسش‌های درست و نادرست

۸- واحد اندازه‌گیری گرما در سیستم SI ژول است.

درست نادرست

۹- در یک فشار معین عبارت دمای اشباع دمایی است که عمل تقطیر اتفاق می‌افتد. (امتحان نهایی شهریور ۹۱)

درست نادرست

۱۰- نقطه جوش هر مایع به فشار وارد بر سطح آن بستگی دارد.

درست نادرست

۱۱- هرگاه ماده‌ای به صورت بخار در فشار اشباع وجود داشته باشد بخار سوپرهیت گویند.

درست نادرست

۱۲- شکل مقابل حالت مایع ساب کولد را نشان می‌دهد.

درست نادرست

۱۳- مقدار نیروی وارد بر واحد سطح را فشار گویند.

درست نادرست

۱۴- برای اندازه‌گیری فشار محلی از مانومتر استفاده می‌شود.

درست نادرست



سئوالات کامل کردنی

۱۵- براساس نظریه جنبشی مولکولی، گرما مجموع و مولکول‌های یک جسم می‌باشد.

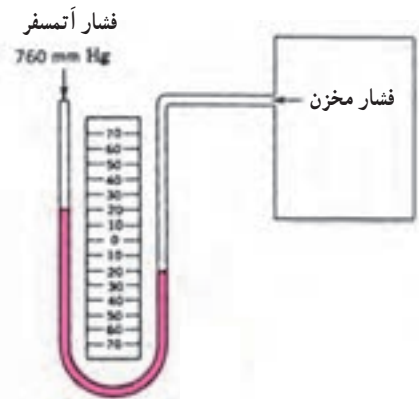
۱۶- دما میزان مولکول‌های یک جسم را نشان می‌دهد.

۱۷- ده درجه سلسیوس معادل درجه کلونین می‌باشد.

۱۸- اگر بخار در دمایی بالاتر از دمای اشباع باشد نامیده می‌شود.

۱۹- مقدار فشار در مایعات به بستگی دارد.

۲۰- در شکل روبه‌رو فشار مخزن برابر با میلی متر جیوه است. (امتحان نهایی خرداد ۸۹)



واژه مناسب را در جای خالی بنویسید.

(بارومتر – دما – گرمای محسوس – بخار داغ – گرمای نهان – مانومتر – فشار – بخار اشباع)

۲۱- کلوبین واحد اندازه گیری می باشد.

۲۲- افزایش سبب بالارفتن نقطه جوش می شود.

۲۳- گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می شود تا سبب تغییر حالت آن جسم شود گفته

می شود.

۲۴- هرگاه ماده به صورت بخار در فشار اشباع وجود داشته باشد به آن گویند.

۲۵- برای اندازه گیری فشار نسبی از استفاده می شود.

پرسش های تشریحی

۲۶- گرما را بر اساس نظریه فلاسفه قدیم تعریف نمایید.

۲۷- تفاوت دما و گرما را شرح دهید.

۲۸- مایع اشباع را شرح دهید.

۲۹- بخار اشباع را شرح دهید.

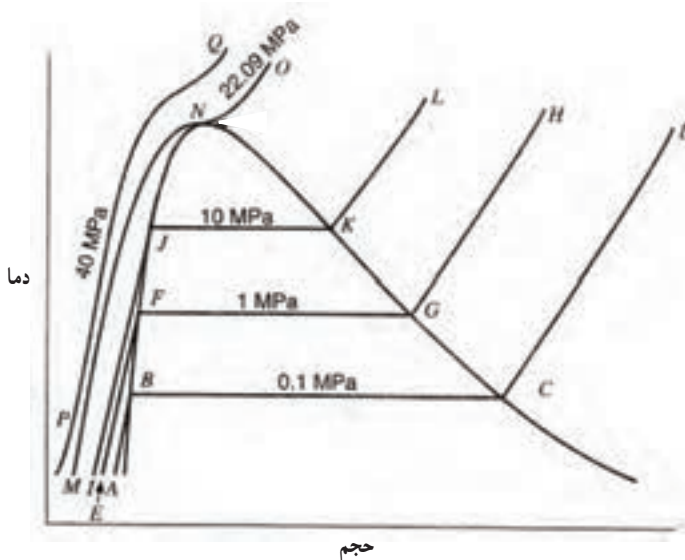
۳۰- مایع سبک کولد را تعریف کنید.

۳۱- بخار سوپر هیت را تعریف کنید.

۳۲- در نمودار دما – حجم شکل مقابل

خط مایع اشباع، خط بخار اشباع و نقطه بحرانی

را مشخص کنید.



۳۳- در صورتی که فشار محلی ۱۴/۷ Psi

و فشار سنج عدد ۱۵ Psi را نشان دهد فشار مطلق را حساب نمایید.

۳۴- سه حالت ماده را شرح دهید.

۳۵- رابطه دمای اشباع و فشار اشباع را بیان کنید.

۳۶- منطقه مایع سبک کولد و بخار سوپر هیت را بر روی منحنی فشار – دما تعیین کنید.

۳۷- نمودار دما – گرما را ترسیم کرده و قسمت های مختلف نمودار را مشخص نمایید.