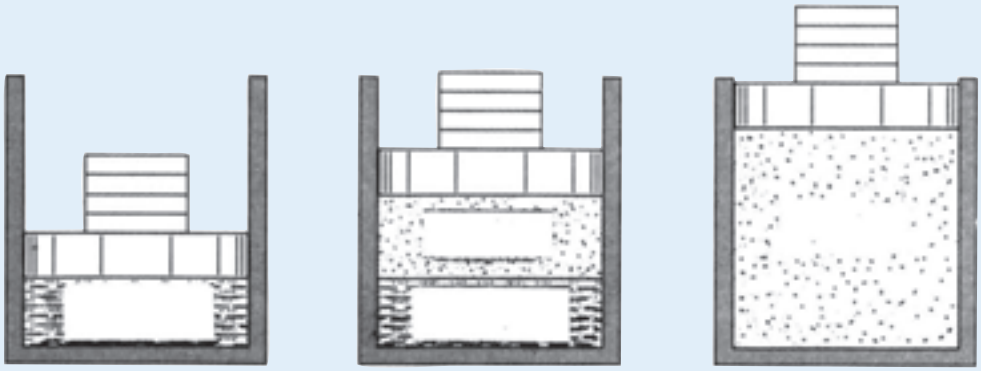
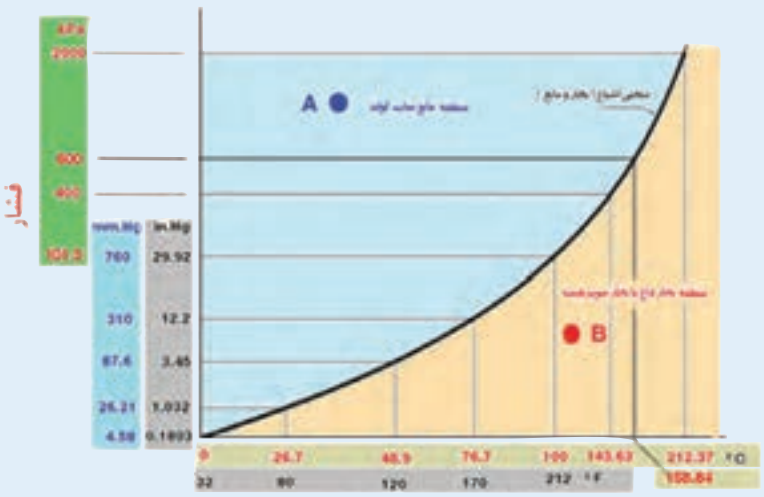
فصل اوّل





فصل اوّل

کلیات

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

۱ــ گرما را توضیح دهد.

۲ــ نظریه جنبشی مولکولی را توضیح دهد.

۳ــ دما را توضیح دهد.

۴ــ اندازه‌گیری دما را توضیح دهد.

۵ــ نمودار دما ــ گرما را برای آب شرح دهد.

۶ــ بخار اشباع و مایع اشباع را شرح دهد.

۷ــ نمودار دما ــ حجم آب را توضیح دهد.

۸ــ فشار را تعریف کند.

۹ــ فشار اَتمسفر ــ فشار نسبی و فشار مطلق را توضیح دهد.

۱ــ کلیات

۱ــ۱ــ گرما (حرارت)

فلاسفهٔ زمان باستان بر این باور بودند که گرما سیالی نادیدنی است که از جسم گرم به سوی جسم سرد می‌رود واژه 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 درحدود 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 سوراخ‌کاری تولید می‌شدو 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 نقطه ای برای اشتباه بودن نظریه کالریک بود.

آزمایش‌های دیگری که پژوهشگران بعدی مانند ژول[۲]، فاراد[۳] و ماکسول[۴] انجام دادند نظریه تامسون را تائید کرد. مفهوم پیشین از گرما به عنوان سیالی مرموز منسوخ شد و ایدهٔ نویی از گرما به عنوان انرژی حرکت مولکولی پذیرفته شد این مفهوم را اغلب فرضیه جنبشی ــ مولکولی می‌نامند.

۱ــ Sir Benjamin Thompson (۱۷۵۳ــ۱۸۱۴)

۲ــ Jam Prescott joule(۱۸۱۸ ــ۱۸۸۹)

۳ــ Michael faraday (۱۷۹۱ــ۱۸۶۷)

۴ــ James Maxwell(۱۸۳۱ــ۱۸۷۹)

۲ــ۱ــ مولکول‌ها و گرما

طبق نظریه جنبشی ــ 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 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[1] «J» است.

بیشتر بدانیم

کیلو کالری، کالری[2] (cal) و بی تی یو[3] (Btu) واحدهای دیگری هستند که در اندازه‌گیری مقدار گرما به کار می‌روند.

$$۱Cal = ۴/۱۸۶\ J$$

$$۱Btu = ۲۵۲\ Cal$$

$$۱kcal = ۱۰۰۰ Cal$$

$$۱kcal = ۳/۹۷\ Btu \simeq ۴Btu^*$$

۳ــ۱ــ دما (درجه حرارت)

وقتی به جسمی گرما می‌دهیم سرعت ملکول‌ها و انرژی داخلی آن افزایش می‌یابد. این افزایش به‌صورت افزایش دما متجلّی 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 دهندهٔ میزان سرعت حرکت مولکول‌هاست بلکه تعیین کنندهٔ تعداد مولکول‌هایی است که تحت‌تأثیر آن قرار گرفته‌اند. مثلاً یک قاشق مسی (۱۰۰ گرمی) که تا ۸۰۰ درجه سلسیوس گرم شده است به اندازه یک شمش مسی ۵ کیلوگرمی که تا ۲۰۰ درجه سلسیوس گرم شده است گرما ندارد ولی دمای آن بیشتر است و یا فرض کنید در اتاقی که نشسته‌اید به‌طور کامل بسته و عایق باشد کبریتی روشن کنید و سپس دماسنج نصب شده دراتاق را به دقت تحت نظر بگیرید با وجود اینکه دمای شعله کبریت بالای $۱۰۰۰^{\circ}C$ می‌باشد نمی‌توانید مقدار گرمایی را که هوای اتاق را گرم می‌کند اندازه بگیرید سپس اجازه دهید یک شمش فولادی به وزن ۳۰۰۰kg و دمای $۲۰۰^{\circ}C$ داخل همان اتاق بیاوریم در مدت زمان کمتری، دیگر نیازی به دماسنج جهت گفتن 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 ۱ــ ۱)

۱ــ Joule

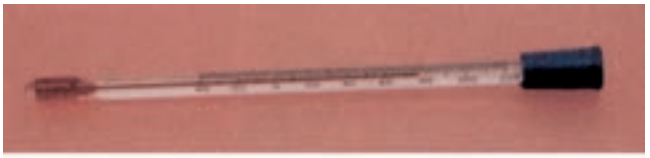
۲ــ Calorie

۳ــ British Thermal Unit (B.t.u)

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

شکل۱ــ۱ــ 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.

۱ــ۳ــ۱ــ اندازه گیری دما :وسیله اندازه گیری دما، دماسنج است. شکل ۲ــ۱ انواع دماسنج‌های با ساقه شیشه‌ای، عقربه‌ای و الکترونیکی را نشان می‌دهد.



الف) دماسنج با ساقه شیشه‌ای

ب) دماسنج عقربه‌ای

ج) دماسنج الکترونیکی

شکل۲ــ ۱

واحد سنجش دما در سیستم SI کلوین (K) است. درجه سلسیوس واحد دیگری است که در اندازه‌گیری دما متداول است.

$$K=C+۲۷۳$$

مثال : دمای جوش آب $۱۰۰^{\circ}C$ است. دمای جوش آب بر حسب درجه کلوین خواهد بود :

$$K=۲۷۳+{}^{\circ}C$$

$$K=۲۷۳+۱۰۰=۳۷۳$$

مثال : کم‌ترین دمای ممکن ۰K است.

این مقدار برابر چند درجه سلسیوس است؟

$$K=۲۷۳+{}^{\circ}C$$

$$۰=۲۷۳+{}^{\circ}C \longrightarrow {}^{\circ}C=-۲۷۳$$

بیشتر بدانیم

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

$$\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{C}{۱۰۰}$$

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

$$\frac{F-۳۲}{۱۸۰}=\frac{۱۰۰}{۱۰۰}$$

$$۱۰۰(F-۳۲)=۱۰۰\times۱۸۰$$
$$۱۰۰F-۳۲۰۰=۱۸۰۰۰$$
$$۱۰۰F=۲۱۲۰۰$$
$$F=۲۱۲$$

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

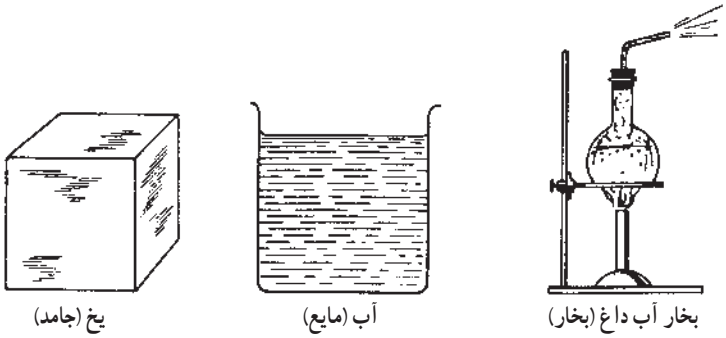
$$F=\frac{۹}{۵}C+۳۲ \quad , \quad C=\frac{۵}{۹}(F-۳۲)$$

۴ــ۱ــ سه حالت ماده

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 $۰^\circ C$ آب جامد (یخ)می‌شود یا در دماهای بالاتر از $۱۰۰^\circ C$ به گاز یا بخار تبدیل می شود. به همین ترتیب سرب معمولاً جامد است ولی در $۳۲۷^\circ C$ مایع و در $۱۶۲۱^\circ C$ بخار می‌شود. دی‌اکسید کربن معمولاً به صورت گاز است ولی در دمای $۷۹^\circ C-$ جامد (یخ خشک)می‌شود.

در شکل ۳ــ۱ سه حالت جامد،مایع و گاز مربوط به آب را ملاحظه می کنید.



شکل۳ــ۱ ــ سه حالت ماده (آب)

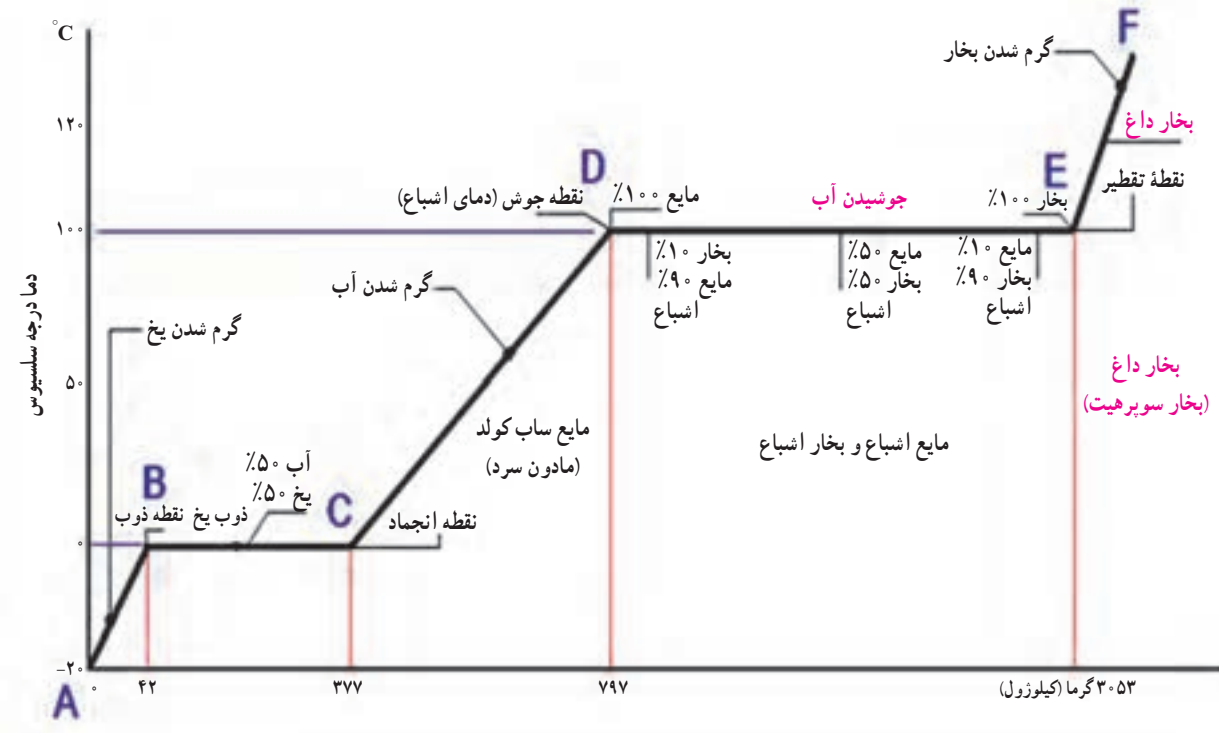
آب در دمای اتاق و فشار جو به حالت مایع است دراین حالت مولکوهای آب به قدر کافی از هم دور هستند که بر روی هم بلغزند و شکل ظرف را به خود بگیرند ولی از هم جدا نمی‌شوند. در مورد مایعات قانون پاسکال دارای اهمیت است طبق این قانون فشار وارد بر یک نقطه از مایع عیناً به تمام نقاط آن وارد می‌شود.

اگر در فشار جو به آب گرما داده شود تا دما به $100^{\circ}C$ برسد آب می‌جوشد و بخار آب تشکیل می‌شود و تغییر حالت از مایع به گاز صورت می‌گیرد. بخار آب همان حالت گازی آب است. درحالت 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 گازها تراکم‌پذیر می‌باشند.

اگر آب را سرد کنیم تا دمای آن به $0^{\circ}C$ برسد تشکیل یخ آغاز می‌شود. درحالت 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 یک‌جا ثابت هستند و دائماً درحال ارتعاش می‌باشند. دامنه ارتعاش آن‌ها به میزان دما بستگی دارد هر چه دما کمتر باشد ارتعاش مولکول کمتر است و اگر دما بیشتر شود میزان ارتعاش بیشتر می‌شود، از آن‌جایی که آب ماده متداولی است و تغییر حالت آن در فشار جو و دماهای معمولی روزمره صورت می‌گیرد ازآب به عنوان مثال برای بررسی تغییر حالت استفاده می‌کنیم.

۵ــ۱ــ نمودار دما ــ گرما (T-H) برای آب

یک کیلوگرم یخ با دمای $-20^{\circ}C$ در ظرفی که دماسنجی داخل آن است آماده می‌کنیم. ظرف را توسط شعله‌ای گرم می‌کنیم و تغییرات حاصل بر روی دمای آب رادرحالت‌های مختلف بر روی نموداری که محور افقی آن بر حسب kJ (کیلو ژول)و محور عمودی آن بر حسب درجه سلسیوس ($^{\circ}C$) مدرج شده است درج می‌نماییم. نموداری مطابق شکل ۴ــ۱ به دست می‌آید.



شکل۴ــ۱ــ نمودار دماــگرما

نقطه A نشان‌دهندهٔ یک کیلوگرم یخ $-20^{\circ}C$ در ابتدای آزمایش است. با گرم شدن ظرف دمای یخ افزایش پیدا می‌کند تا درنقطه B دمای یخ به $0^{\circ}C$ می‌رسد خط مورب AB افزایش دمای یخ از $-20^{\circ}C$ تا $0^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در این مرحله گرمایی که به یخ داده شده است برابر ۴۲ کیلوژول است.

درنقطه B با دمای $0^{\circ}C$ یخ شروع به ذوب شدن می‌نماید.

گرم کردن ظرف ادامه دارد ملاحظه می‌شود که درجه دماسنج روی $0^{\circ}C$ ثابت مانده و تغییری نمی‌کند ولی به تدریج به میزان آب اضافه می‌شود و از مقدار یخ کاسته می‌گردد. معلوم می‌شود که گرمای داده شده صرف تبدیل یخ به آب شده است. خط افقی دما ثابت BC ذوب شدن یخ در دمای $0^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در نقطه C آخرین ذره یخ آب می‌شود. در فاصله نقطه B تا نقطه C، $377 - 42 = 335kJ$ گرما به یخ داده شده است.

پس از تمام شدن فرآیند ذوب یخ مشاهده می‌کنیم که دما افزایش پیدا می‌کند. هر چه بر میزان گرمای داده شده افزوده می‌شود، میزان دمای آن نیز افزایش می‌یابد. تا در نقطه D دما به $100^{\circ}C$ می‌رسد و آب به جوش می‌آید. خط مورب CD افزایش دمای آب از $0^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ را نشان می‌دهد. در این مرحله $797 - 377 = 420\ kJ$ گرما به آب داده شده است.

از نقطهٔ D که آب به جوش می‌آید باز هم ملاحظه می‌شود که با افزایش گرما دما ثابت می‌ماند این فرآیند تا نقطهٔ E که آخرین ذره مایع به بخار تبدیل می‌شود ادامه دارد در این مرحله $2256\ kJ = 797 - 3053$ گرما به آب اضافه شده است.

خط EF نشان می‌دهد اگر بخار تولیدی درظرف بسته باشد و عمل گرمادهی ادامه یابد دمای بخار بالاتر خواهد رفت.

با توجه به نمودار مذکور به تعاریف زیر می‌پردازیم.

ـ نقطه ذوب[1] : نقطه ذوب عبارت از دمایی است که هر جسم جامد در فشار معینی در آن دما به مایع تبدیل می‌شود. نقطه ذوب آب (یخ) در فشار آتمسفر برابر $0^{\circ}C$ است. افزایش فشار وارد بر جسم به جز درچند مورد سبب بالا رفتن نقطه ذوب آن می‌شود. در بعضی از مواد مانند یخ افزایش فشار سبب کاهش نقطه ذوب می‌شود.

ـ 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 درنمودار در فاصله نقطه B تا نقطه C به آب داده شد که برابر $335\ \frac{kJ}{kg}$ می‌باشد.

ـ نقطه جوش[2] : دمایی را که در آن هر مایعی در فشار ثابت معینی به جوش می‌آید، نقطه جوش می‌نامند. نقطه جوش آب در فشار آتمسفر برابر با $100^{\circ}C$ است. نقطه جوش هر مایع به فشار وارد بر سطح آن بستگی دارد. افزایش فشار وارد بر سطح مایع سبب بالارفتن نقطه جوش می‌شود.

ـ گرمای محسوس[3] : به گرمایی که سبب بالا رفتن دمای جسم شود گرمای محسوس گویند. درنمودار ۴ـ۱ 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 بالارفتن دمای یخ از $-20^{\circ}C$ تا $0^{\circ}C$ و بالارفتن دمای آب از $0^{\circ}C$ تا $100^{\circ}C$ شده است.

ـ گرمای نهان[4] : به گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می‌شود تا سبب تغیر حالت آن جسم شود گرمای نهان گفته می‌شود و به صورت گرمای نهان ذوب و گرمای نهان تبخیر وجود دارد. درنمودار ۳ـ۱ 335kJ گرمایی که از نقطه B تا C به آب داده می‌شود گرمای نهان ذوب آب و 2256kJ گرمایی که از نقطه D تا E در حین جوش به آب داده شده است گرمای نهان تبخیر می‌باشد.

۶ـ۱ـ بخار اشباع و مایع اشباع

یک کیلوگرم آب در داخل سیلندر و پیستون نشان داده شده در شکل ۵ ـ۱ را در نظر می‌گیریم. فرض می‌کنیم پیستون و وزنهٔ روی آن فشار یک آتمسفر را در سیلندر برقرار نمایند و دمای اوّلیه آب $20^{\circ}C$ باشد. با انتقال گرما به آب دمای آن بالا می‌رود و حجم نیز کمی افزایش می‌یابد (فشار ثابت است). این حالت در شکل ۵ ـ۱ـ الف نشان داده شده است.

با ادامه گرمادهی وقتی دمای آب به $100^{\circ}C$ می‌رسد تغییری در حالت (فاز)مشاهده می‌شود که در شکل ۵ ـ۱ـ ب نشان داده شده است یعنی مقداری از مایع به بخار تبدیل می‌شود. در طول این فرایند دما ثابت باقی می‌ماند ولی حجم به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

با ادامه گرمادهی به ظرف زمانی می‌رسد که تمام آب مایع به

۱ـ Melting point

۲ـ Boiling point

۳ـ Sensible Heat

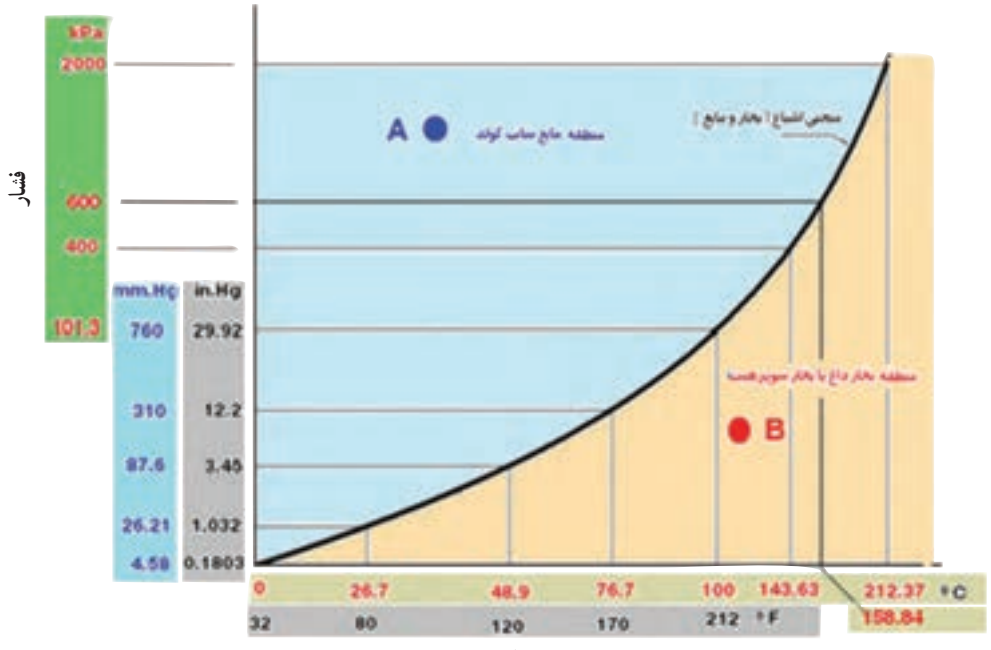
۴ـ Latent Heat

شکل۵ــ۱ــ بخار اشباع و فشار اشباع

بخار آب تبدیل می‌شود این حالت در شکل ۵ــ۱ــ 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» نشان‌دهندهٔ دمایی است که عمل جوش در آن اتفاق می‌افتد. فشار مربوط به دمای اشباع را فشار اشباع می‌نامند. بنابراین برای آب دمای جوش $100^{\circ}C$ دمای اشباع در فشار یک اَتمسفر است و فشار یک اَتمسفر فشار اشباع در دمای $100^{\circ}C$ می‌باشد. برای هر ماده خالص رابطه معینی بین فشار اشباع و دمای اشباع وجود دارد. که نمونه‌ای از آن در منحنی«فشار ــ دما» در شکل ۶ــ۱ 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**»[1] نامیده می‌شود. اگر دمای مایعی کمتر از دمای اشباع در یک فشار معین باشد مایع «**بیش سرد**»یا «**ساب کول**»[2] خوانده می‌شود(نقطه A).



شکل۶ــ۱ــ منحنی ــ فشار ــ دما برای آب

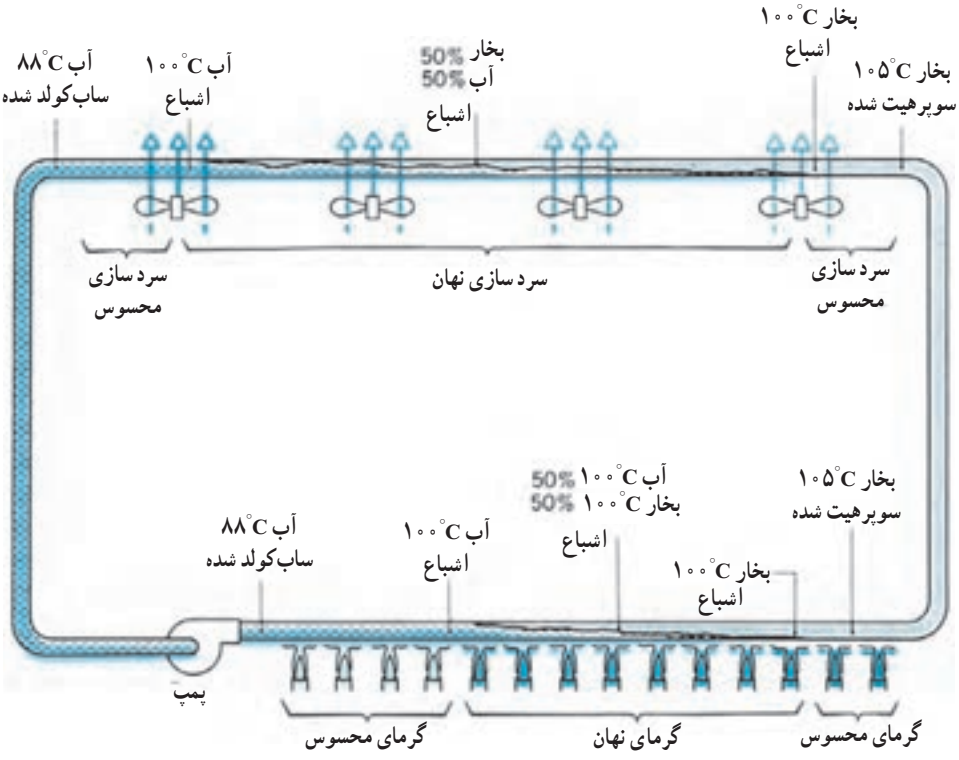
۱ ــ Saturated liquid

۲ ــ Subcooled liquid

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**»[1] نامیده می‌شود(نقطه B).

مثال : شکل ۷ــ۱ مفاهیم دمای اشباع، ساب کول شدن و سوپرهیت شدن به یکدیگر گره می‌زند. سیستم بسته‌ای در نظر بگیرید که تمام قسمت‌های آن به طور تقریب در فشار اَتمسفریک نگه داشته شده باشد. آب خروجی از پمپ دارای دمایی $^{\circ}C$ ۸۸ است که در شرایط ساب کولد قرار دارد. با افزودن گرما دمای آب تا $^{\circ}C$ ۱۰۰ بالا می‌رود (گرمای محسوس). اگر به گرما دادن ادامه دهیم دما در $^{\circ}C$ ۱۰۰ (دمای اشباع) ثابت می‌ماند در حالی که 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 $^{\circ}C$ ۱۰۵ می‌شود (گرمای محسوس) و بخار سوپرهیت حاصل می‌شود.

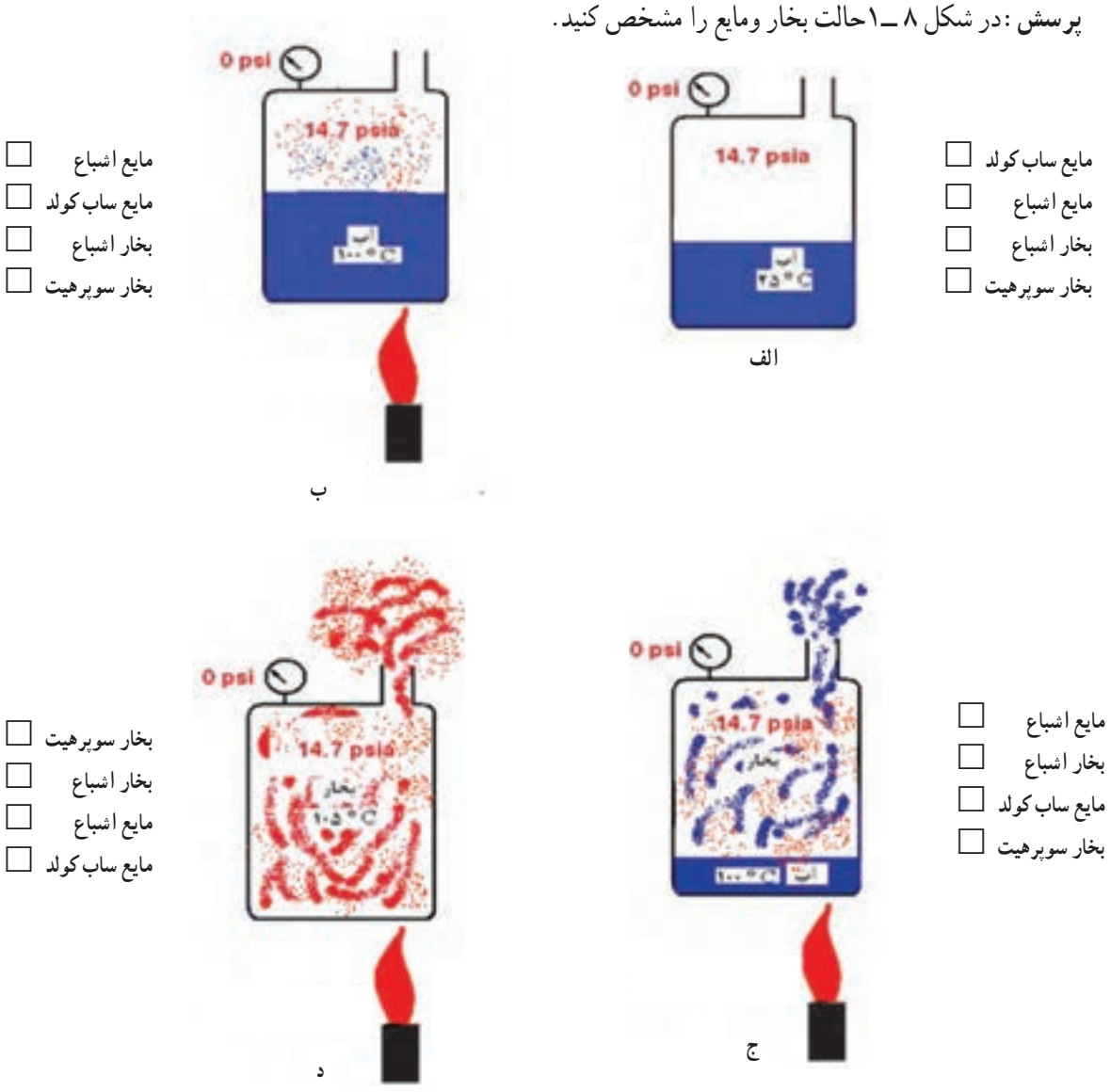
و اگر در قسمت‌های بعدی با استفاده از فن‌های سردکننده اقدام به گرفتن گرما از سیستم نماییم، ابتدا بخار سوپرهیت گرمای خود را از دست می‌دهد (گرمای محسوس) و به دمای اشباع $^{\circ}C$ ۱۰۰ می‌رسد. با ادامه عمل گرماگیری بخار اشباع تبدیل به مایع اشباع می‌شود (گرمای نهان) و در نهایت مایع ساب کولد با دمای $^{\circ}C$ ۸۸ به‌دست می‌آید که وارد پمپ می‌گردد.



شکل۷ــ۱ــ سیال (آب)با گرفتن و پس دادن گرما می‌تواند بجوشد یا تقطیر شود.

۱ ــ Superheated Vapor

پرسش :در شکل ۸ــ۱حالت بخار ومایع را مشخص کنید.

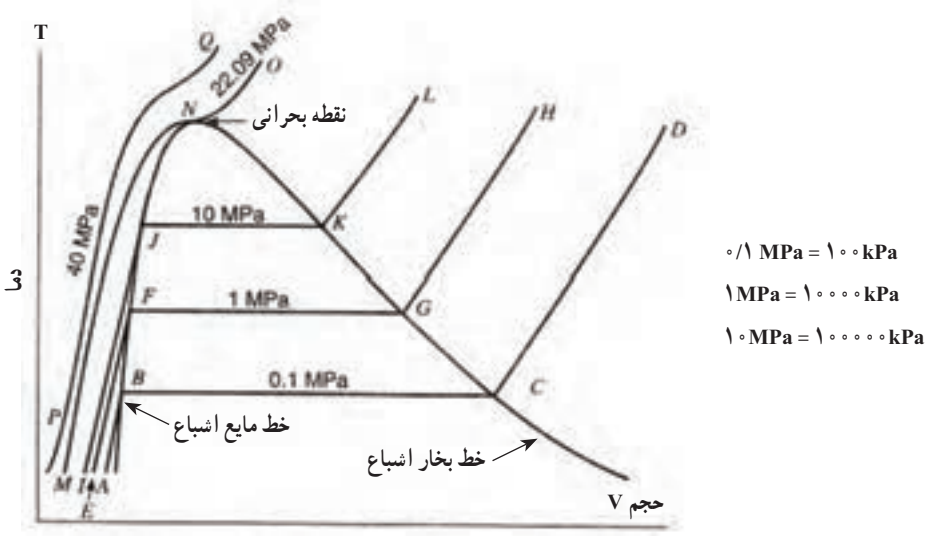


شکل۸ــ۱

۷ــ۱ــ نمودار دما ـ حجم آب

نمودار دما ــ گرما را که در شکل ۴ــ۱برای 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 ۹ــ۱ به‌دست می‌آید که ABCD در فشار ۱۰۰ kPa، EFGH در فشار ۱۰۰۰۰ kPa و IJKL در فشار ۱۰۰۰۰۰ kPaرسم شده است. خط منحنی که از به‌هم پیوستن نقاط B، F، J و ... و N به‌دست می‌آید را خط مایع اشباع گویند و خطی را که از به‌هم پیوستن نقاط N، K، G و ... و N به‌دست می‌آید خط بخار اشباع گویند.

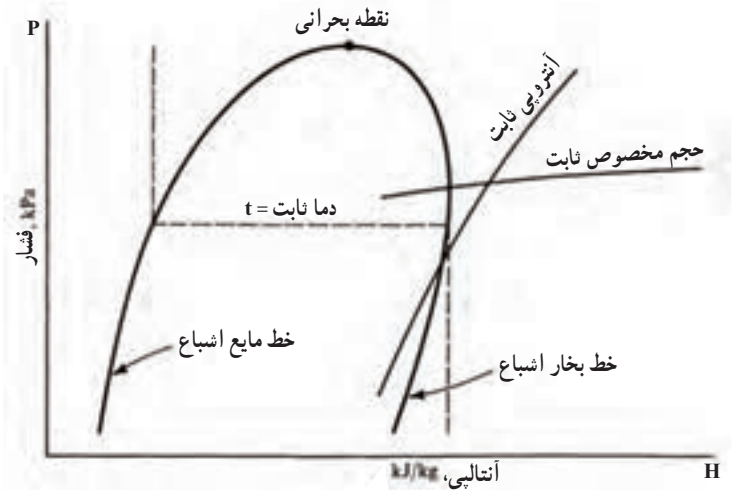
اگر خط‌های دمای ثابت مانند BC، FG، IK و ... را باهم مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که هرچه فشار بیشتر می‌شود، طول خط دمای ثابت کوچکتر می‌شود تا در نقطه بحرانی تبدیل به یک نقطه(N) می‌شود.



شکل ۹ــ۱ــ نمودار دما، حجم آب، نشان‌دهنده فازهای مایع و بخار (این نمودار با مقیاس رسم نشده است).

برای هر ماده‌ای نموداری شبیه آن چه برای آب در شکل ۹ــ۱ مشاهده کردید ترسیم می‌شود.

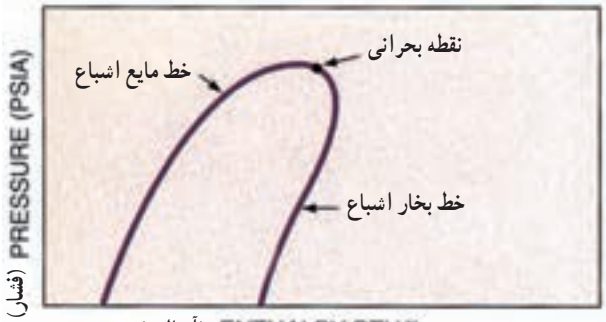
نمودار ترسیم شده را نمودار T–V می گویند. در بررسی‌های مربوط به مواد سرمازا در سردسازی (تبرید) بیشتر از نمودار P–H استفاده می‌شود. در شکل ۱۰ــ۱ یک نمودار P–H معرفی شده است.



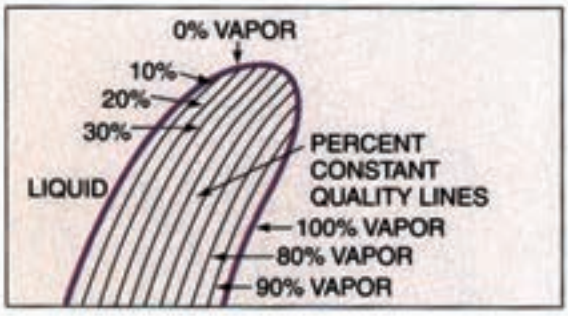
شکل ۱۰ــ۱ــ نمودار فشار ــ آنتالپی یا نمودار P–H

شکل‌های ۱۱ــ۱ خط های نمودار P–H را به‌صورت دیگری معرفی می‌نماید.

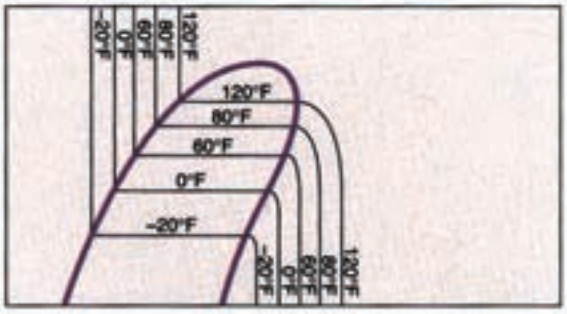
در شکل ۱۲ــ۱ نمودار P–H مادهٔ سرمازای ۲۲ــ R را مشاهده می کنید.



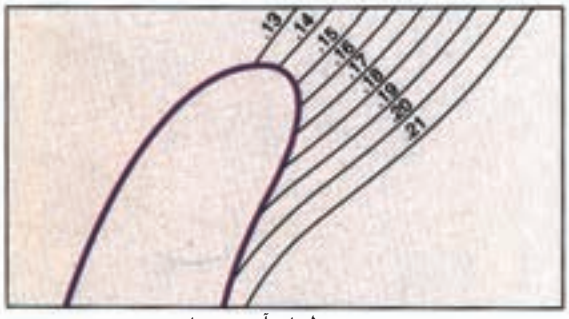
ناحیه‌های ساب کولد ــ اشباع ــ سوپرهیت



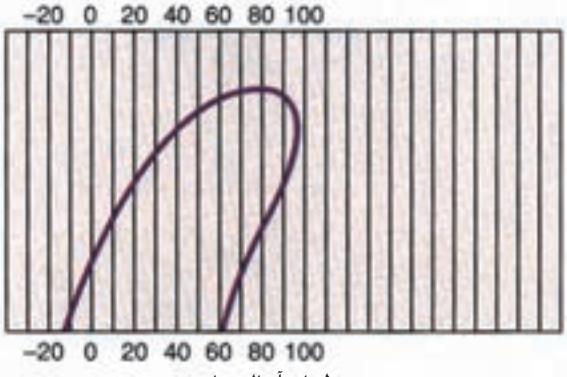
خط‌های عیار ثابت (درصد بخار)



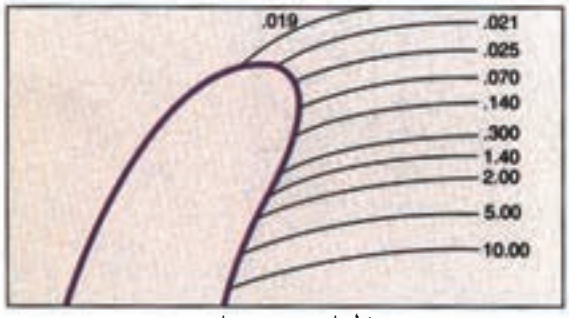
خط‌های دما ثابت



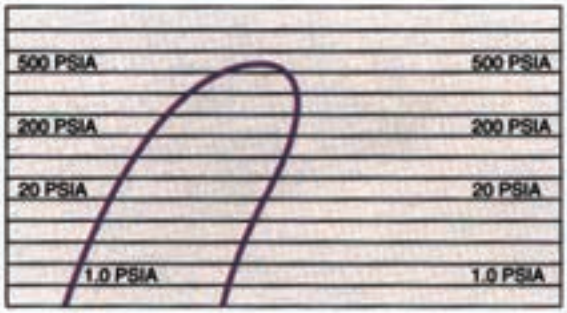
خط‌های آنتروپی ثابت
$\left(\frac{BTU}{lb}\right)$



خط‌های آنتالپی ثابت

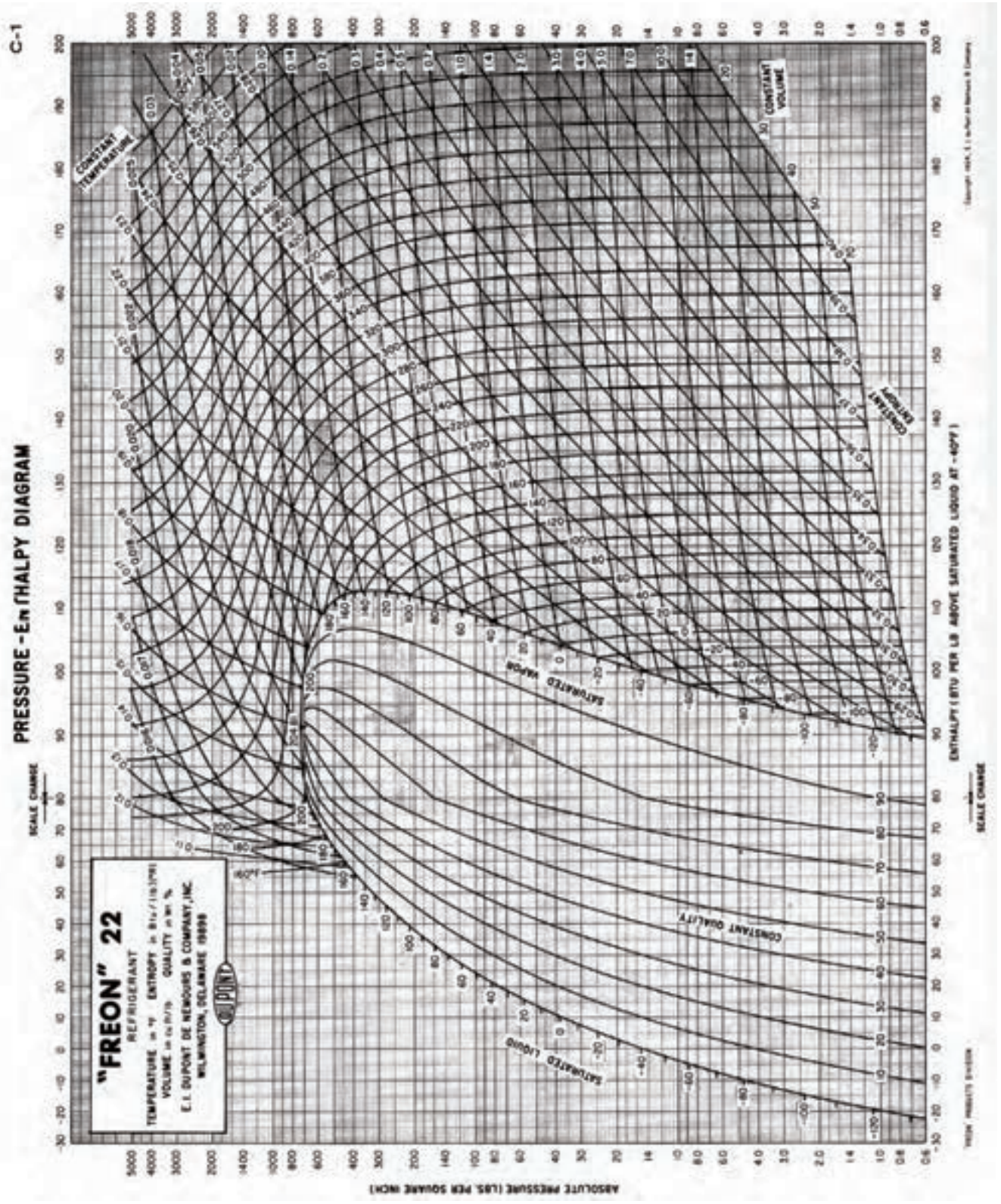


خط‌های حجم ویژه ثابت
$\left(\frac{FT^3}{lb}\right)$



خط‌های فشار ثابت

شکل ۱۱ــ۱ــ معرفی خط‌های نمودار P-H



شکل ۱۲ــ۱ــ نمودار P–H برای ماده سرمازای ۲۲ــ R

۸ــ۱ــ فشار

فشار عبارت است ازمقدار 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.

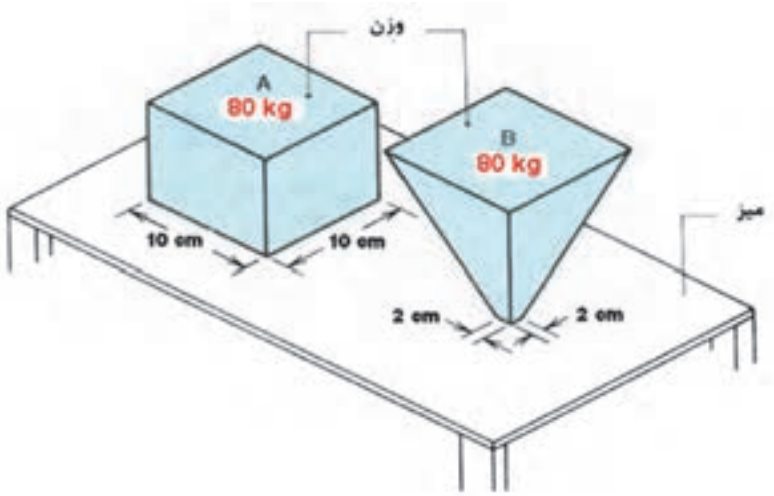
همان‌طور که درشکل ۱۳ــ۱ ملاحظه می کنید دو بلوک A و B دارای وزن یکسان می‌باشند اما فشاری که از طرف بلوک A بر سطح میز وارد می‌شود بسیار کمتر از فشاری است که از طرف بلوک B بر روی سطح میز وارد می‌شود.

فشار بلوک A : $1kg = 10N$

$$P = \frac{800}{0/01} = 80000 N/m^2 = 80kpa$$

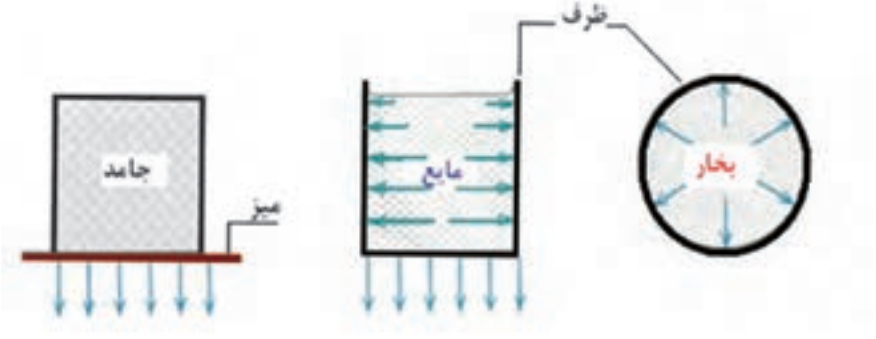
فشار بلوک B :

$$P = \frac{800}{0/0004} = 2000,000 = 2\times10^6 N/m^2 = 2000kpa$$



شکل ۱۳ــ۱ــ هر بلوک نیرویی معادل ۸۰ کیلوگرم روی میز وارد می‌کند. بلوک A فشاری بر ۸۰Kpa به وجود می‌آورد در حالی که بلوک B فشار برابر ۲۰۰۰Kpa را موجب می‌شود.

شکل ۱۴ــ۱ــ فشار را در سه حالت مختلف ماده نشان می‌دهد. در یک جسم جامد فشار فقط مستقیماً رو به پایین اعمال می‌شود. درمایعات فشار در سطح جانبی ظرف اعمال شده و مقدار آن بستگی به ارتفاع مایع دارد. در گازها در تمام سطوح به‌طور یکسان اعمال می‌شود.



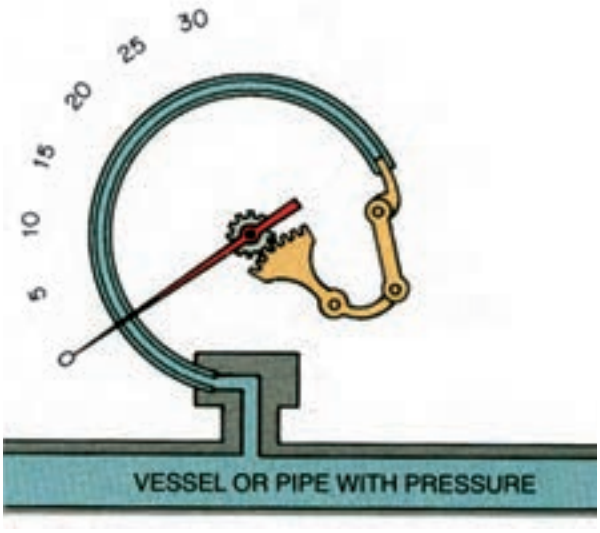
شکل ۱۴ــ۱ــ فشارهای اعمالی برای جامدات، مایعات و بخار

۱ــ۸ــ۱ــ 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 ۱۵ــ۱). فشار نسبی را با Pg نشان می‌دهند.

شکل ۱۵ــ۱ــ فشارسنج بوردون

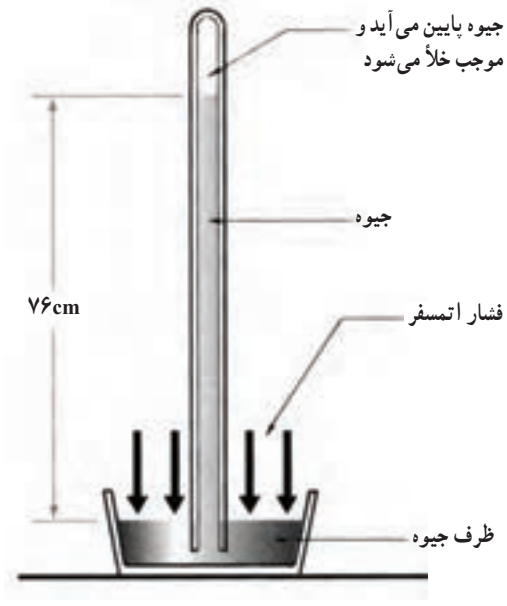
لوله بوردون لوله فلزی خمیدهٔ بیضی شکلی است که میزان خمیدگی آن بر اثر افزایش فشار سیال داخل لوله کمتر و بر اثر کاهش فشار بیشتر می‌شود هر تغییری درخمیدگی لوله از طریق دنده‌ها به عقربه منتقل می‌شود (شکل ۱۶ــ۱). جهت و مقدار حرکت عقربه به جهت و اندازه خمیدگی لوله بستگی دارد.



شکل ۱۶ــ۱ــ نمایش شماتیک مکانیزم فشارسنج بوردون

۲ــ۸ــ۱ــ فشار اَتمسفر : اطراف کرهٔ زمین را پوششی از هوا دربرگرفته است. چون هوا دارای جرم بوده و در معرض جاذبه است، فشاری اعمال می‌کند که فشار جو یا فشار اَتمسفر 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 ۱۰۱۳۲۵N می‌شود. چون کل این نیرو بر سطح $1m^2$ وارد می‌شود فشار حاصل از جو درسطح دریا $101325 N/m^2$ (نیوتن بر متر مربع) یا پاسکال (Pa) است. این همان مقدار فشار جو در سطح دریا است که گاهی فشار یک اَتمسفر نیز گفته می‌شود. دقت کنید که فشار یک اَتمسفر تقریباً برابر فشار یک بار (bar) است. فشار جو ثابت نبوده با ارتفاع تغییر می‌کند و با افزایش ارتفاع فشار جو کاهش می‌یابد.

فشار اَتمسفر به وسیلهٔ بارومتر اندازه‌گیری می‌کنند و به همین جهت به آن فشار بارومتری نیز می‌گویند(شکل۱۷ــ۱). از آن جایی که فشار هر محل با ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند به آن فشار محلی نیز گویند.



شکل ۱۷ــ۱ــ بارومتر جیوه‌ای

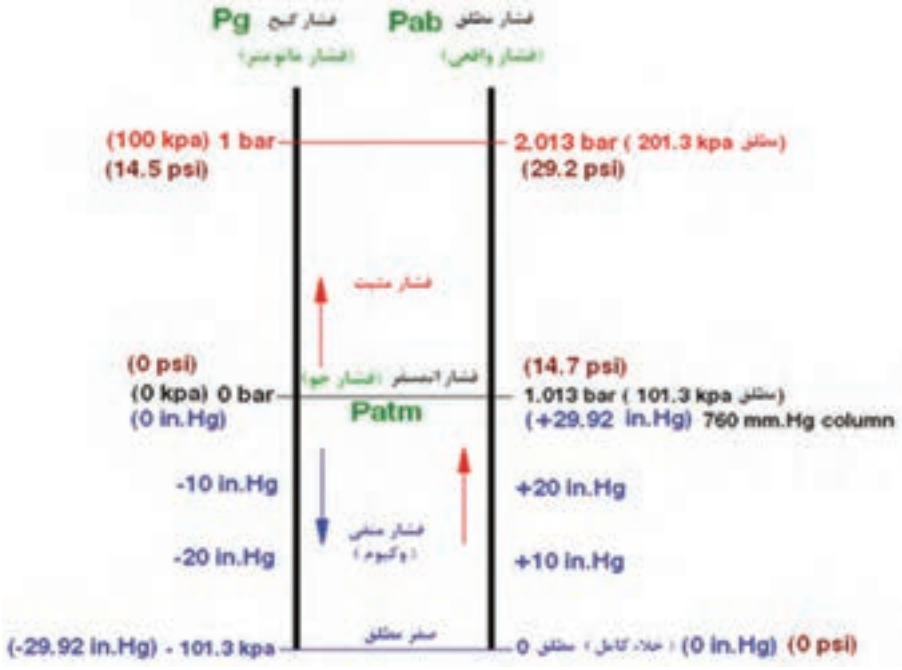
۳ــ۸ــ۱ــ فشار مطلق : فشار کل یا واقعی یک سیال است. فشار مطلق مجموع فشار نسبی و فشار اَتمسفر محلی است.

فشار نسبی + فشار اَتمسفر = فشار مطلق

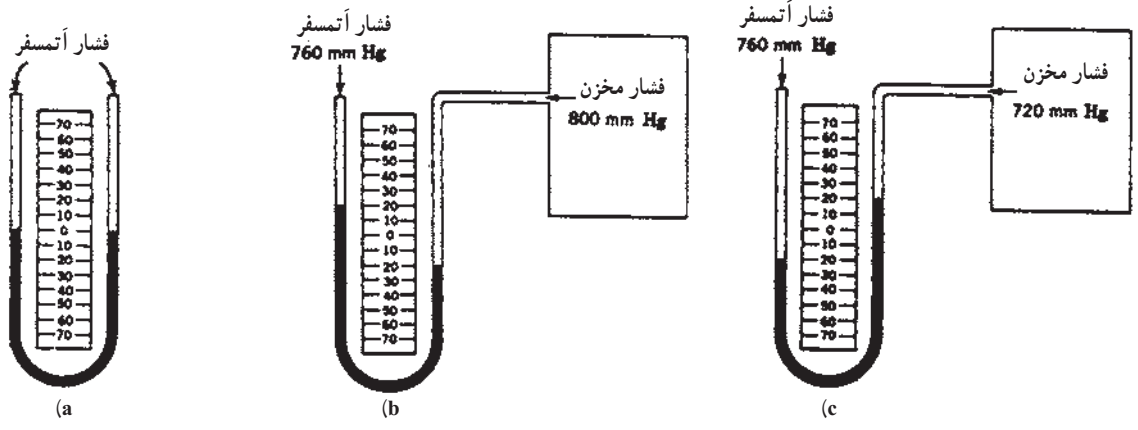
$$Pab = Pb + Pg$$

در صورتی که فشار نسبی کمتر از فشار جو باشد آن را با علامت منفی نشان می‌دهند. رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق در شکل ۱۸ــ۱ آمده است.

شکل ۱۹ــ۱ بیان دیگری برای روشن شدن رابطه بین فشار نسبی و فشار مطلق است.



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



شکل ۱۹ــ۱ــ a) فشار وارد (فشار اَتمسفر) به دو سمت لوله برابر و سطح جیوه نیز در لوله برابر است.

b) نشان می‌دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی متر جیوه از فشار اَتمسفر بیشتر است.

c) نشان می دهد که فشار مخزن ۴۰ میلی متر جیوه از فشار اَتمسفر (۷۶۰mmHg) کمتر است.

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 ۱۰۰۰۰۰Pa است. فشار بر حسب ارتفاع ستون جیوه (mmHg ، cmHg) و ارتفاع ستون آب (mwc) نیز سنجیده می‌شود. در سیستم انگلیسی معمولاً از واحدهای Psi (پوند بر اینچ مربع) و ارتفاع ستون جیوه (inHg) استفاده می کنند. Psig نشانه فشار مانومتری و Psia نشانه فشار مطلق است.

۱atm = ۱/۰۱۳bar = ۱۴/۷psi = ۷۶۰mm.Hg
=۲۹/۹۲in.Hg=۱۰/۳۳m.w = ۱۰۱۳۲۵pa
=۱/۰۳۳kg/cm^2

۸ ــ ۱ ــ پرسش و تمرین

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ با گرم کردن یک جسم کدام تغییر در مولکول های 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

۲ــ درتغییر بخار$^{\circ}C$ ۱۰۰ به بخار $^{\circ}C$ ۱۱۰ کدام فرایند زیر انجام یافته است؟ (امتحان نهایی ــ شهریور ۹۰)

الف) گرم کردن نهان　　ب) گرم کردن محسوس

ج) گرم کردن نهان و محسوس　　د) ساب کولد و سوپرهیت

۳ــ هنگام تغییر حالت یخ به آب کدام فرایند انجام می‌شود؟

الف) ساب کولد　　ب) سوپرهیت

ج) گرم کردن محسوس　　د) گرم کردن نهان

۴ــ 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 ــ خرداد ۹۱)

الف) نقطه ذوب　　ب) گرمای نهان ذوب

ج) گرمای محسوس　　د) سوپرهیت

۵ ــ به گرمایی که سبب بالارفتن دمای جسم می‌شود چه می‌گویند؟

الف) گرمای محسوس　　ب) گرمای نهان

ج)گرمای فوق گرم　　د)گرمای داغ

۶ــ درکدام حالت ماده، فشار درتمام سطوح به‌طور یکسان اعمال می‌شود؟

الف) جامدات　　ب) مایعات

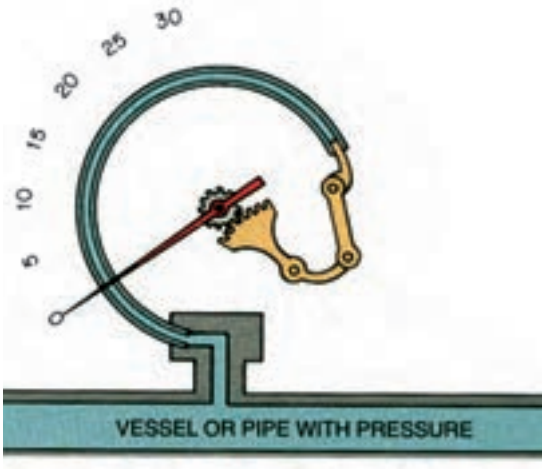
ج) گازها　　د) مایعات و گازها

۷ــ شکل مقابل کدام وسیله اندازه‌گیری را نشان می‌دهد؟

الف) بارومتر

ب)فشارسنج بوردون

ج)دماسنج عقربه‌ای



پرسش‌های درست و نادرست

۸ــ واحد اندازه‌گیری گرما درسیستم SI ژول است.

☐ درست ☐ نادرست

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

☐ درست ☐ نادرست

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

☐ درست ☐ نادرست

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

☐ درست ☐ نادرست

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

☐ درست ☐ نادرست

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

☐ درست ☐ نادرست

۱۴ــ برای اندازه‌گیری فشار محلی از مانومتر استفاده می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست

سئوالات کامل کردنی

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

۱۶ــ دما میزان..... مولکوهای یک جسم رانشان می‌دهد.

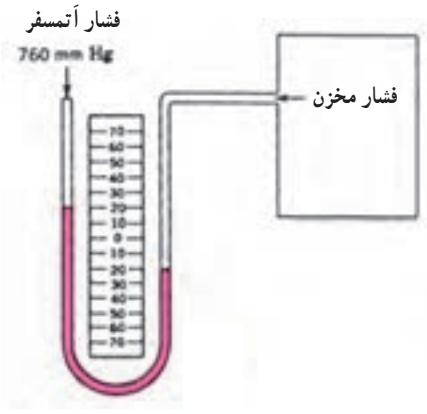
۱۷ــ ده درجه سلسیوس معادل ..... درجه کلوین می‌باشد.

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

۱۹ــ مقدار فشار درمایعات به ..... بستگی دارد.

۲۰ــ در شکل روبه‌رو فشار مخزن برابر با .....

میلی متر جیوه است. (امتحان نهایی خرداد ۸۹)



واژه مناسب را در جای خالی بنویسید.

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

۲۱ــ کلوین واحد اندازه گیری ..... می‌باشد.

۲۲ــ افزایش ..... سبب بالارفتن نقطه جوش می‌شود.

۲۳ــ گرمایی که در دمای ثابت به یک جسم داده می‌شود تا سبب تغییر حالت آن جسم شود .....گفته می‌شود.

۲۴ــ هرگاه ماده به صورت بخار درفشار اشباع وجود داشته باشد به آن ..... گویند.

۲۵ــ برای اندازه‌گیری فشار نسبی از ..... استفاده می‌شود.

پرسش‌های تشریحی

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

۲۷ــ تفاوت دما و گرما را شرح دهید.

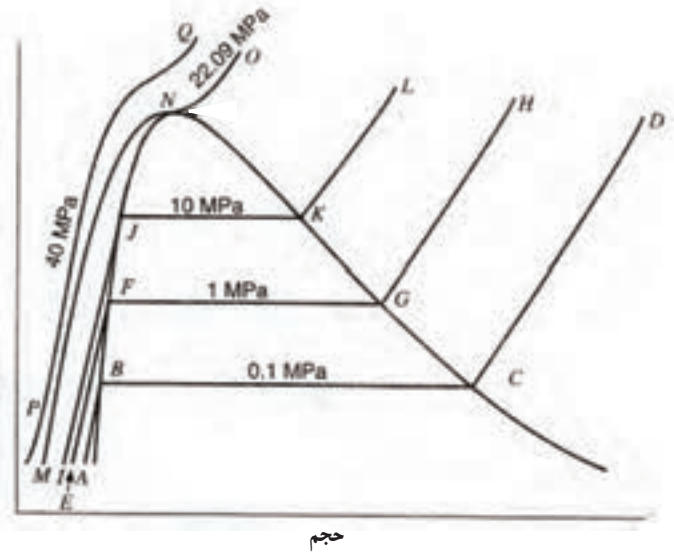
۲۸ــ مایع اشباع را شرح دهید.

۲۹ــ بخار اشباع را شرح دهید.

۳۰ــ مایع ساب کولد را تعریف کنید.

۳۱ــ بخار سوپرهیت را تعریف کنید.

۳۲ــ در نمودار دما ــ حجم شکل مقابل خط مایع اشباع، خط بخار اشباع و نقطه بحرانی را مشخص کنید.



۳۳ــ درصورتی‌که فشار محلی ۱۴/۷ Psi و فشار سنج عدد ۱۵Psi را نشان دهد فشار مطلق را حساب نمایید.

۳۴ــ سه حالت ماده را شرح دهید.

۳۵ــ رابطهٔ دمای اشباع و فشار اشباع را بیان کنید.

۳۶ــ منطقه مایع ساب کولد و بخار سوپر هیت را بر روی منحنی فشار ــ دما تعیین کنید.

۳۷ــ نمودار دما ــ گرما را ترسیم کرده و قسمت‌های مختلف نمودار را مشخص نمایید.