فصل اول : فیزیک واندازه گیری

مدل سازی : فرآیندی که در طی آن یک پدیده فیزیکی آن قدر ساده و آرمانی شود تاامکان بررسی وتحلیل آن فراهم شود. (هنگام مدل سازی یک پدیده باید اثرهای جزئی تر را نادیده گرفت نه اثرهای مهم وتعیین کننده)

نکته) یکاها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می شوند (یکاهای اصلی : متر ، کیلوگرم، ثانیه ، آمپر، کلوین ،

نکته: کمیت های فیزیکی را به دو دسته تقسیم میکنند

کمیت نرده ای (اسکالر)**:**کمیت هایی که **فقط اندازه** دارند .مانند : جرم ، زمان

کمیت برداری: کمیت هایی که **اندازه وجهت** دارند ما نند : نیرو ، سرعت

توان پیشوند پیشوند مجهول پیشوند معلوم

تبدیل پیشوندها : $\left(\frac{\text{پیشوند معلوم}}{\text{پیشوند مجهول}}\right) \times$ نماد علمی $\left(10^{x-y}\right)^{n} \times$ نماد علمی عدد

تعداد ارقام با معنا : از اولین رقم غیر صفر سمت چپ شروع شده وتا آخرین رقم سمت راست ادامه پیدا می کند

دقت اندازه گیری: کمترین مقداری که یک وسیله ی اندازه گیری نشان می دهد(کوچکترین تقسیم بندی روی یک وسیله مدرج)

خطای اندازه گیری :

الف) مدرج : نصف دقت وسیله مدرج

ب) دیجیتال : ارزش مکانی آخرین رقم (با دقت برابر است)

نکته۱) دقت را ابتدا برحسب یکای مورد نظر بدست می آوریم و سپس آنرا به یکای جدید تبدیل می کنیم.

نکته۲) **تعداد ارقام بعد از اعشار در عدد گزارش شده باید مساوی تعداد ارقام خطا باشد**

نکته ۳) اگر تعدادارقام با معنا در دقت و خطا برابر نباشد باید خطا را گرد کنیم

نکته۴) وقتی عددی مضرب 10^{n} دارد باید این مضرب رادر دقت اندازه گیری نیز ضرب کنیم.

نکته ۵) هنگامیکه شکل وسیله یا خطای وسیله معلوم نیست رقم آخر عدد را که حدسی است در نظر نمی گیریم سپس ارزش مکانی رقم بعدی می شود دقت وسیله

نکته ۶) رقم غیر قطعی (حدسی) : آخرین عدد رادر مقدار گزارش شده گویند.

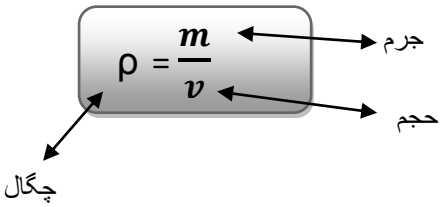
تخمین مرتبه بزرگی : ابتدا عدد مورد نظر را بصورت نماد علمی می نویسیم و سپس طبق نکته زیر گرد می کنیم

$1 \le X < 5 \longrightarrow X = ۱$ $5 \le X < 10 \longrightarrow X = ۱۰$

چگالی: جرم واحد حجم از یک جسم را چگالی آن گویند.

نکته۱) جرم (g) حجم (cm^3) چگالی (g/cm^3)

جرم (kg) حجم (m^3) چگالی (kg/m^3)



نکته ۲) $(1cm^3 = 10^{-6}\ m^3)$ $(1\ lit = 10^{-3})$ $(1cm^3 = 10^{-3}\ lit)$

(سانتی متر مکعب یا میلی لیتر)

$\left(\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{lit}\right)$ $\left(\frac{g}{cm^3} = \frac{kg}{lit}\right)$ $(1\ g = 10^{-3}\ kg)$

$\left(\frac{kg}{m^3} = \frac{g}{lit}\right)$ $\left(\frac{g}{cm^3} = \frac{kg}{lit}\right)$ $\left(1\ \frac{g}{cm^3} = 10^3\ \frac{kg}{m^3}\right)$

نکته۳) حجم بعضی از اشکال هندسی : حجم کره توپر $\frac{4}{3}\pi R^3$ حجم کره توخالی $\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)$

حجم مکعب a^3 حجم مکعب مستطیل abc

حجم استوانه توپر $\pi\ R^2\ h$ حجم استوانه توخالی $\pi\ (R^2 - r^2)\ h$ حجم مخروط $\frac{1}{3}\ \pi\ R^2\ h$

نکته۴) وقتی جسمی را درون مایعی می اندازیم نکته ۵) وقتی گلوله ای را داخل یک ظرف پر از مایع می اندازیم

حجم جسم v = A . h = حجم تغییر کرده v $\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2}$ حجم جسم v = حجم سرریز شده v

نکته ۶) وقتی درون یک ظرف از دو مایع مختلف جداگانه پر شود $\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2}$ $v_1 = v_2$

نکته ۷) در حالتهای فوق باید یکاهای دو طرف یکی باشد ولی هرچه بود فرقی نمی کند

نکته۸) در صورتیکه درون جسم حفره باشد فرمولی $v_{جسم}$ -- v = حجم حفره

نکته ۹) چگالی نسبی دو جسم $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{v_1}{v_2}$

نکته ۱۰) اگر چند جسم را با یکدیگر مخلوط کنیم چگالی مخلوط برابر است با :

$\rho = \frac{M}{V} \longrightarrow \rho = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2} \longrightarrow$

- مستقل از v: $\rho = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2}}$
- مستقل از m: $\rho = \frac{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2}{v_1 + v_2}$

نکته ۱۱) اگر بعد از مخلوط شدن کاهش حجم (V) داشته باشیم $V = V_1 + V_2 - V'$

نکته ۱۲) هنگامیکه آب ویخ را با هم مخلوط کنیم هنگام ذوب (کاهش حجم) وهنگاه انجماد (افزایش حجم) صورت می گیرد که :

تغییر یافته v = یخ v -- آب v = $\frac{m}{\rho_{یخ}} - \frac{m}{\rho_{آب}}$

نکته ۱۳) نمودار جرم برحسب حجم برای یک جسم بصورت خط راست از مبدا می باشد که شیب آن برابر چگالی می باشد

انرژی جنبشی : انرژی به دلیل حرکت $K = \frac{1}{2} M V^2$

تندی ($\frac{m}{s}$) جرم (Kg) انرژی (J)

نکته۱) انرژی جنبشی یک کمیت نرده ای است و به جهت بستگی ندارد . فقط با **جرم و مجذور تندی** رابطه مستقیم دارد.

نکته۳) برای مقایسه انرژی جنبشی در دو حالت مختلف می توان نوشت : $\frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$

نکته ۴) $\Delta K = K_2 - K_1$ تغییر انرژی جنبشی

درصد تغییر انرژی جنبشی $= \frac{\Delta K}{K_1} \times ۱۰۰$

نکته ۵) توصیف چند حالت خواسته شده :

- تندی جسم ۲۰ $\frac{m}{s}$ زیاد شود $V_2 = V_1 + 20$
- تندی جسم ۲۰ برابر شود $V_2 = 20\, V_1$
- تندی جسم ۲۰ درصد زیاد شود $V_2 = V_1 + \frac{20}{100} V_1$

انرژی پتانسیل :

- گرانشی : انرژی ذخیره شده بخاطر ارتفاع از سطح زمین $U = Mgh$
- کشسانی : فنر فشرده یا کشیده شده (U_e)
- الکتریکی ومغناطیسی و شیمیایی

انرژی مکانیکی : مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل

$E = K + U$

مکانیکی — جنبشی — گرانشی یا کشسانی یا هردو

قانون پایستگی انرژی مکانیکی: اگر اصطکاک (ومقاومت هوا) نباشد انرژی مکانیکی ثابت است .

$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$

اگر فنر نباشد $\Delta K = -\Delta U \longrightarrow (V_2^2 - V_1^2) = -2g\Delta h$

کار : وقتي نيرويي سبب جابجايي يک جسم شود مي گوييم کار انجام داده است.درنتيجه کار انجام شده برابر است با حاصل ضرب

نيرو در جابجايي که درراستاي نيرو انجام شده است $((W = \text{نيرو} \times d \times \cos\theta))$

نکته ۱) نيرو با جابجايی هم جهت $(\theta = 0)$ $W = F\,d$

نيرو با جابجايی خلاف جهت $(\theta = 180)$ $W = -F\,d$

نيرو با جابجايی عمود بر هم $(\theta = 90)$ $w = 0$

نکته ۲) نیروی اصطکاک همیشه خلاف جهت جابجایی است

نکته۳) مفهوم کار منفی این است که یا انرژی هدر رفته است و یا انرژی در حال ذخیره شدن است.

نکته ۴) وقتی سطح تکیه گاه ساکن است کار نیروی عمودی تکیه گاه صفر است

محاسبه کارکل : روش اول : کار کل جمع جبری کار هر یک از نیروها می باشد

روش دوم : ابتدا نیروی برآیند را بدست آورده و سپس کار آنرا محاسبه می کنیم

روش سوم : قضیه کار وانرژي جنبشی : کار برایند نیروها برابر تغییر انرژي جنبشي است

$$\text{برآیند } W = \frac{1}{2}Mv_2^{\,2} \text{ --- } \frac{1}{2}Mv_1^{\,2}$$

نکته۱) هنگام ترمز ماشین **یا** پرتاب جسم روبه جلو فقط کار نیروی اصطکاک وجود دارد

نکته ۲) هنگام ترمز ماشین یا پرتاب جسم روبه جلو($V_2 < V_1$) درنتیجه کار کل منفی می شود

کار نیروی وزن : کار نیروی وزن برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی می باشد.

$$W_{mg} = -\Delta U \longrightarrow W = -mg(h_2 - h_1)$$

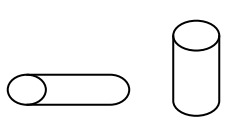
نکته ۱) کار نیروی وزن در مسیر افقی صفر می شود

نکته ۲) محاسبه کار نیروی وزن در چند حالت خاص

الف) خالی شدن آب استخری به عمق h

ب) ساختن دیداری به ارتفاع h

ج) افتادن یا بلند کردن یک استوانه به ارتفاع h



رو به بالا

$w = \pm \frac{1}{2} mgh$

روبه پایین

د) روی سطح شیبدار $w = mg.x\sin\theta$ که $(h = x\sin\theta)$

کار نیروی کشسانی فنر : برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل کشسانی فنر می باشد

$W = -\Delta U_e$ { فنر فشرده شود $W = -(U_e -) = -U_e$; فنر باز شود $W = -(0 - U_e) = U_e$

۳) کار نیروی اصطکاک : برابر تغییر انرژی مکانیکی است باید **منفی** باشد

$$W_{Fk} = E_2 - E_1$$

$$W_{Fk} = \Delta K + \Delta U$$

(**کار نیروی اصطکاک یا کار نیروی مقاومت هوا یا افزایش انرژی درونی یا انرژی هدر رفته)**

نکته) اگر نیروی اصطکاک را بخواهیم بدست بیاوریم : (بعد از محاسبه کار نیروی اصطکاک می نویسیم : $W_{Fk} = F_k . d$)

توان: کار انجام شده در واحد زمان (آهنگ انجام کار)راتوان گویند. $P = \frac{w}{t}$

نکته۱):برای بلند کردن یک جسم حد اقل نیرویی که به آن وارد می شود برابر وزن آن است .

نکته ۲) بالا بردن یک جسم مفید $w = m g h$

$P_{\text{مفید}} = \frac{w_{\text{مفید}}}{t} \longrightarrow$

پمپاژ کردن (پرتاب کردن) مفید $w = \frac{1}{2} m V^2 - 0$

حرکت یکنواخت مفید $P = F V$

بازده: نسبت توان خروجی (مفید) به توان ورودی(کل) را بازده گویند. $R_a = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times ۱۰۰$

نکته) توان مفید از طریق روابط فوق محاسبه می شود ولی توان ورودی در سوال داده می شود (مثلا می گویند توان نوشته شده روی وسیله)

فصل سوم: ویژگی های فیزیکی **مواد**

حالتهای ماده: جامد - مایع - گاز - پلاسما

گاز: مولکولها آزادانه حرکت می کنند.حرکت نامنظم در جهتهای مختلف دارند که به حرکت براونی معروف است.

به دلیل وجود فاصله زیاد بین مولکولها گازها تراکم پذیر هستند.

مایع :مولکولها نظم معینی ندارندولی مانند جامدها بسیار به هم نزدیک هستنذد..به جای حرکت آزادانه فقط روی هم می لغزند..مولولها به آسانی جابجا می شوند(ولی نه مانند گازها) ازاینرو پدیده پخش مانند گازها در مایعات نیز هست.مایعات تراکم ناپذیر هستند.

جامد :فاصله مولکولها بسیارکم است.موقعیت آنها ثابت است.و حرکت آزادانه ندارند.فقط رد جای خود حرکت نوسانی کوچکی دارند.

حجم وشکل معینی دارند

انواع جامدات :
- الف) **جامدهاي بلورين** : اگر مايع به آهستگي سرد شود مولكولها در طرحهاي منظمي مرتب مي شوند مانند الماس
- ب) **جامدهاي بي شكل** : از سرد كردن سريع مايع به دست مي آيد ومولكولها در طرح منظمي قرار ندارند مانند شيشه

مواد در مقیاس نانو : نانو شاخه ای از علم است که تغییر ویژگی های فیزیکی مواد مانند شفافیت ، نقطه ذوب و... را برحسب اندازه آنها بررسی می کند.

نکته۱) ویژگی های فیزیکی تمام مواد در مقیاس نانو تغییر می کند.

نکته۲) لازم نیست تمام ابعاد ماده در مقیاس نانو باشد.نانولایه دارای خواص فیزیکی مشابه نانو ذره دارد.

نکته۳) **لایه ای از مواد که ضخامتش در حدود نانو است ولی طول وعرض آن بزرگتر است را نانو لایه گویندو و ذره ای که هر سه بعد آن در حدود نانو است را نانو ذره گویند.**

نیروی هم چسبی: نیروی جاذبه ای که بین مولکول های یک مایع می باشد. (گرما باعث کاهش هم چسبی می شود و قطره ها کوچکتر می شوند)

نیروی دگر چسبی: نیروی جاذبه ای که بین مولکول های یک مایع و مولکول های یک جسم دیگر به وجود می آید.

نکته)
- الف) نیروی **هم چسبی** < نیروی **دگر چسبی** ← مایع بر روي سطح جامد پخش ميشود ← آب روي شيشه
- ب) نیروی **هم چسبی** > نیروی **دگر چسبی** ← مايع برروي سطح جامد بصورت **قطره** در مي آيد مانند جيوه روي شيشه يا آب روي شيشه چرب

کشش سطحی: نیروی **هم چسبی** در روی مایع باعث می شود که سطح مایع مانند یک پوسته ی کشیده عمل کند این اثررا کشش سطحی گویند.(ناخالصی و افزایش دما باعث کاهش خاصیت کشش سطحی می شود. مانند صابون یا مایع ظرفشویی درون آب)

خاصیت موئینگی: بالا رفتن آب درون یک لوله ی باریک را موئینگی گویند.که علت آن نیروی **دگر چسبی** بین آب و جداره ی لوله می باشد

نمونه های از پدیده ی موئینگی: بالا رفتن آب در مصالح ساختمانی - بالارفتن نفت درفتیله ی چراغ

نکته ۱) آب تاارتفاعي بالا مي رود که **دگر چسبی** با **وزن ستون آب برابر** شود .

نکته۲) سطح آب درون لوله موبین بالاتر از سطح آب درون ظرف است.وبصورت فرورفته می باشد.ولی سطح جیوه درون لوله موبین پایین تر ازسطح جیوه درون ظرف است.و بصورت برآمده می باشد.

نکته۳) **فشار هوا و طول لوله در ارتفاع آب درون لوله مو یین تاثیری ندارد ولی قطر لوله مهم است.**

فشار: بزرگی نیروی عمودی وارد بر سطح را فشار گویند

فشار درمایعات: اندازه فشار درون یک مایع از رابطه زیر بدست مي آید

$$p = \rho g h$$

نکته ۱) دررابطه فوق **ارتفاع** برحسب m و **چگالي** برحسب kg/m^3 و **فشار** برحسب Pa مي باشد

نکته۲) **فشاردرون یک مایع فقط به ارتفاع از سطح مایع (عمق) بستگی دارد** و به شکل ظرف و مساحت کف ظرف و ... بستگی ندارد و **دقت شود که این فشار ناشی از مایع بالای نقطه مورد نظر می باشد.**

نکته۳) در یک مایع نقاط همتراز (فاصله یکسان از سطح آزاد مایع) دارای فشار مساوی هستند

نکته ۴) فشار دریک نقطه از مایع برا بر است با مجموع فشار ناشی ازاجزاء بالای آن نقطه

نکته۵) اختلاف فشار بین دو نقطه درون یک مایع به فاصله عمودی بین آنها بستگی دارد. $\Delta p = \rho g \Delta h$

نکته ۶) درون آب (به چگالی $1\ g/cm^3$) هر ۱۰ متر معادل ۱ at می باشد $p_{کل} = \frac{h}{10} + 1$

نکته ۷) هرگاه در تستی جرم مایع را دادند بهتر است از رابطه $p = \frac{mg}{A}$ استفاده کنیم

نکته خیلی مهم ۸) در مسائل مربوط به فشار مایعات

الف) اگر فشار برحسب پاسکال مد نظر باشد $p = \rho g h$

ب) اگر فشار برحسب cm Hg داده شده یا خواسته شده بود دوحالت خواهیم داشت:

۱) مایع جیوه باشد ⟵ فشار همان ارتفاع عمودی جیوه است

۲) مایع جیوه نباشد ⟵ معادل جیوه آنرا بدست می آوریم

$\rho_{Hg}\ h_{Hg} = \rho_2\ h_2 \longrightarrow \boxed{h_2 = \frac{\rho_{Hg}}{\rho_2} h_{Hg}}$

(بعبارت دیگر ارتفاع با چگالی رابطه عکس دارد)

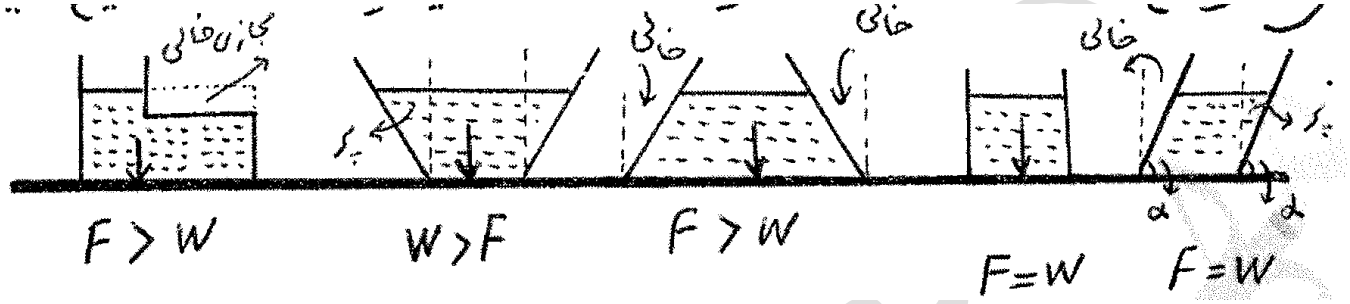
نیرو و فشار : نکته ۱) نیروی وارد بر کف ظرف $F = P A$ (یکای فشار پاسکال و یکای مساحت m^2 میباشد)

نکته۲) نیرو با مساحت متناسب است ($cm^2 \xrightarrow{10^{-4}} m^2$)

نکته۳) مقایسه نیروی وارد بر کف ظرف (وزن ستون مایع) با وزن مایع

وزن ستون مایع یعنی استوانه ای از جنس مایع که سطح مقطع آن برابر کف ظرف و ارتفاع آن ارتفاع مایع می باشد یعنی

از کف ظرف دو خط عمود تا سطح مایع می کشیم.



نکته ۴) هنگامیکه مایعی روی مایع درون ظرف می ریزیم یا قطعه ای شناور روی سطح مایع قرار

می دهیم **تغییر فشار در سطح مایع برابر تغییر فشار در کف مایع است**

$\Delta P_{\text{سطح}} = \Delta P_{\text{کف}}$ $\quad (\Delta p = \frac{\text{تغییرنیرو}}{\text{مساحت}})$

نکته۵) نیروی وارد بر بدنه (جداره) ظرف $= \frac{1}{2}\rho ghA$ $= F = P A = (\frac{P_{max}+P_{min}}{2}) A =$

لوله U شکل : وقتی دویا چند مایع مخلوط نشدنی در لوله U شکل قرار دارند از ته لوله به بالا حرکت می کنیم.

اولین مرز مشترک را سطح همتراز گرفته وخط چین می کشیم و فشار دو طرف را مساوی می گیریم

نکته ۱) هر جه مایع ته نشین تر باشد چگالی آن بیشتر است

نکته ۲) اگر دو نقطه همتراز درو ن دو مایع باشند فشار نقطه ای بیشتر است که درون مایع با چگالی کمتر است

نکته ۳) در صورتیکه سطح مقطع دو طرف لوله یکسان باشد اگر یک طرف X متر پائین بیاید (براثر ریختن مایعی دیگر یا گذاشتن وزنه یا...) طبیعتا طرف دیگر X متر بالا می رود.از اینرواختلاف سطح آزاد مایع در دو طرف X ۲ می شود

نکته ۴) در صورتیکه سطح مقطع دو طرف لوله یکسان نباشد به نسبت سطح مقطع آنها دو طرف تغییر می کنند.

نکته ۵) وقتی مایعی به یک طرف لوله ریخته می شود سطح آزاد مایع در طرفی بالاتر است که چگالی کمتری دارد

فشار هوا

ستون هوا نیز مانند مایعات اختلاف فشار ایجاد می کند. البته توجه داشته باشیم که هر چه بالاتر می رویم فشار هوا کمتر می شود از اینرو

اختلاف فشار بین دو نقطه که اختلاف ارتفاعشان Δh می باشد برابر است با : $\Delta p = \rho g \Delta h$

نکته۱) هر صد متر که بالا می رویم فشار هوا تقریبا $1\ cm\ Hg$ کم می شود

نکته ۲) اگر اندازه گیری فشار هوا در سطح دریا رابا وسیله ای به نام جو سنج جیوه ای انجام دهیم ارتفاع ستون جیوه ۷۶ سانتي متر میشود

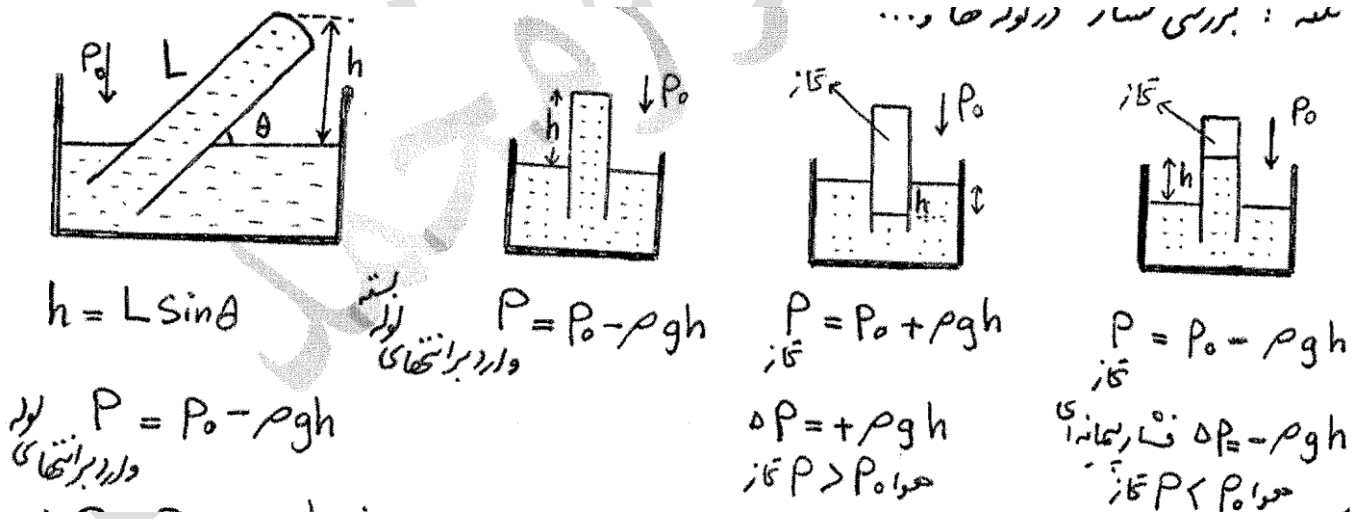
نکته۳) **فشار هوا را می توان برحسب ارتفاع ستون جیوه در جوسنج** یعنی برحسب سانتی متر جیوه (cmHg) یا میلی متر جیوه (mmHg) **بیان کرد.**

نکته ۴) فشار هوا با چهار یکا بیان مي شود : $1at = 76\ cmHg = 760\ mmHg = 10^5\ pa$

نکته ۵) تبدیل یکاهاي فشار به صورت مقابل است : ((cmHg $\xrightarrow{\times 1360}$ Pa) (at $\xrightarrow{\times 10^5}$ Pa))

نکته۶) میزان جیوه درون لوله به سطح مقطع لوله بستگی ندارد.یعنی اگر چند لوله متفاوت در یک مکان باشند ارتفاع جیوه در همه یکسان است.

نکته ۷) اگر داخل لوله گاز (هوا) حبس شده باشد



نکته ۸) نیروی وارد بر انتهای بسته لوله در شکلهای فوق : $F = P \cdot A$

نکته۹) **فشار پیمانه ای** : اختلاف فشار گاز درون یک محفظه با فشار هوا را فشار پیمانه ای گویند.

منگنه آبی : بر اساس اصل پاسکال کار می کند $\frac{F}{f} = \frac{A}{a} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \frac{h}{H}$

اصل ارشمیدس : وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم درون شاره ای فرو رود ، شاره نیرویی رو به بالا بر آن وارد می کند که اندازه آن با وزن شاره جابجا شده برابر است.

نیروی شناوری = (چگالی مایع) × (حجمی از جسم که داخل مایع است) × g

تذکر) علت وجود نیروی شناوری: تفاوت نیروی وارد بر سطح بالایی و سطح پایینی جسم در اثر اختلاف فشار است.

نکته۱) نیروی شناوری **همواره به سمت بالا** (خلاف نیروی وزن) می باشد

نکته۲) جسم درون مایع سبک می شود

نکته ۳) به همان مقدار که جسم سبک می شود مایع سنگین می شود.(قانون سوم نیوتن)

نکته ۴) هرچه جسم بیشتر درون مایع باشد نیروی شناوری بزرگتر می شود.ازاینرو بیشترین مقدار وقتی است که جسم به طور کامل داخل مایع باشد.در این حالت بالا یا پایین بودن جسم درون مایع فرقی نمی کند

نکته۵) وقتی جسم در مایع غوطه ور یا شناور می ماند ⟵ نیروی شناوری = وزن جسم

نکته۶) وقتی چگالی جسم از مایع کمتر است در آن شناور می ماند.از اینرو هرچه چگالی جسم به مایع نزدیکتر باشد حجم بیشتری از آن داخل مایع قرار می گیرد.بعبارت دیگراز بین چند جسم مختلف هرکدام **نسبت** $\frac{V_{\text{م ج}}}{V_{\text{جسم}}}$ بیشتر باشد چگالی آن جسم بیشتر است.

نکته ۷) نیروی شناوری علاوه بر مایعات در مورد گازها نیز برقرار است.مثلا به دلیل نیروی شناوری بادکنک محتوی گاز هلیوم در هوا به سمت بالا حرکت می کند.

اصل برنولی : با افزایش تندی شاره ، فشار داخل شاره کاهش می یابد.

آهنگ جریان شاره :حجم سیا ل عبوری در واحد زمان را گویند.

آهنگ جریان شاره = A V زمان / حجم شاره عبوری = آهنگ جریان شاره = A L / t

معادله پیوستگی : اگر جریان سیال از یک لوله با قطر بیشتر وارد یک لوله با قطر کمتر شود آهنگ جریان شاره در هر دو لوله یکسان است.

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

نکته) رابطه فوق بصورت مقابل نیز می آید : $\left(\frac{\text{حجم}}{\text{زمان}}\right)_1 = A_2 V_2$

فصل چهارم: دما و گرما

دما: میانگین انرژی جنبشی مولکولها می باشد و به تعداد مولکولها بستگی ندارد ولی گرما مجم.ع انرژی جنبشی مولکولها می باشد و به تعداد مولکولها بستگی دارد.

مقیاس های دما :الف) درجه سلسیوس :رایج ترین نوع درجه بندی می باشد.مبتنی بر دو نقطه ثابت است. یکی دمای یخ زدن آب خلص و دیگری دمای جوش آب خلص در فشار متعارف می باشد. این دما را با حرف θ نشان می دهند.

ب) درجه کلوین:پایین ترین دمایی که تاکنون به دست آمده است که در این دما ملکول ها از حرکت متوقف می شود که برابر با ۲۷۳درجه ی سیلسیوس است را صفرکلوین یا صفر مطلق گویند.دمای کلوین را با حرف T نشان می دهند.

$$(T= \theta + 273)$$

ج) درجه فارنهایت :بیشتر در صنعت هواشناسی کاربرد دارد.و با حرف F نشان می دهند. $(F = \frac{9}{5} \theta + ۳۲)$

انواع دماسنج : دماسنجهای مایعی - گازی – مقاومت پلاتینی – تف سنج نوری – ترموکوپل

نکته) مزیت دماسنج ترموکوپل **:** به دلیل جرم کوچک محل اتصال ، خیلی سریع با دستگاه مورد نظر به حالت تعادل گرمایی می رسد. و بعلاوه در مدارهای الکترونیکی بکار می رود.

انبساط اجسام بر اثر گرما:

انبساط طولی	انبساط سطحی	انبساط حجمی
$\Delta L = \alpha L_1 \Delta\theta$	$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta\theta$	**جامد** $\Delta V = (3\alpha) V_1 \Delta\theta$ **مایع** $\Delta V = (\beta) V_1 \Delta\theta$
$\Delta L = L_2 - L_1$	$\Delta A = A_2 - A_1$	$\Delta V = V_2 - V_1$
$\frac{\Delta L}{L_1} = \alpha \Delta\theta$ درصد تغییرات طول	$\frac{\Delta A}{A_1} = 2\alpha \Delta\theta$ درصد تغییرات سطح	$\frac{\Delta V}{V_1} =$ .....

نکته۱)تغییر شعاع یا تغییر قطر یک دایره یا یک حفره توخالی از روابط مربوط به انبساط طولی استفاده می شود $(\Delta R = \alpha R_1 \Delta\theta)$

نکته۲) دو گلوله هم اندازه ، هم جنس ، و هم دما ،یکی توپر و یک توخالی داریم.

الف) اگر دمای آنها به یک اندازه زیاد شود (ΔV توخالی = ΔV توپر)

ب) اگر کرمای یکسان به آنها بدهیم (ΔV توخالی > V توپر)

نکته ۳) انبساط واقعي مايعات برابر انبساط مايع بعلاوه انبساط ظرف مي باشد

اثر دما بر چگالي : وقتی دما زیاد می شود افزایش حجم ایجاد می گیردد و چون جرم ثابت است چگالی کاهش میابد.

$$\Delta \rho = - \beta \rho_1 \Delta \theta$$

نکته: انبساط غیر عادی آب : از 0 تا ۴ درجه حجم آب کم و چگالی زیاد می شود و از ۴ درجه به بالا حجم آب زیاد و چگالی کم

محاسبه گرما : انرژی جابجا شده بین دوجسم به دلیل اختلاف دما را گرما گویند که از رابطه زیر بدست می آید

$$Q = m c \Delta \theta$$

گرمای ویژه : مقدار گرمایی که یک کیلو گرم از جسمی می گیرد تا یکدرجه دمایش زیاد شود.

نکته۱) حاصل ضرب m c را ظرفیت گرمایی گویند.

نکته **۲) :** رابطه بین توان وگرما بصورت $Q = P t$ مي باشد.

نکته۳) مقایسه گرما در دوحالت مختلف یا برای دو جسم $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{C_2}{C_1} \times \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1}$

نکته ۴) از رابطه $Pt = mC \Delta \theta$ می توان توان مفید را بدست آورد وسپس با توان کل می توان بازده وسیله گرمایی را حساب کرد

محاسبه دماي تعادل : هر گاه چند جسم بادماهاي اوليه θ_1 و θ_2 و θ_3 و ...را درتماس باهم قرار دهيم تا به **دماي تعادل** θ

برسند مي توان نوشت $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots = 0$

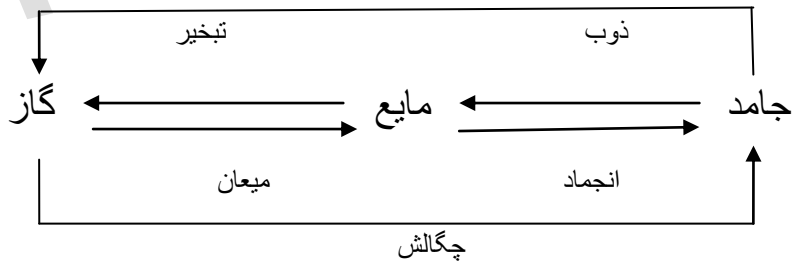
نکته ۱) اگر در حین تبادل گرمایی جسم ها مقداری گرمای تلف شده داشته باشیم آنرا به رابطه اضافه می کنیم

نکته۲) هنگامیکه مجهول سوال دمای تعادل باشد بهتر است بنویسیم :

$$\theta_e = \frac{m_1 C_1 \theta_1 + m_2 C_2 \theta_2 + \cdots}{m_1 C_1 + m_2 C_2 + \cdots.}$$

نکته مهم۳) در اغلب سوالها بهتر است ابتدا جرمها را تا حد امکان ساده کنیم

تغییر حالت ماده: تغییر حالت ماده با گرفتن یا از دست دادن گرما صورت می گیرد ولی **دما تغییر** نمی کند یعنی هر تغییر حالت در دما ی ثابتی صورت می گیرد که آن را **دمای گذار** می نامند. تصعید



ذوب: تمام اجسام بر اثر ذوب افزایش حجم پیدا می کنند بجز یخ ونقره...(افزایش فشار نقطه ی ذوب را بالا می برد بجز یخ ونقره...)

گرمای ذوب: گرمایی که جسم جامد در نقطه ی ذوب می گیرد تا بدون تغییر دما به مایع تبدیل می شود. $Q_F = m L_F$

نکته:فر آیند انجماد بر عکس ذوب می باشد ($Q_F = -- m L_F$)

تبخیر: تبدیل مایع به گاز را تبخیر می گویند. (افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه ی جوش می شود.)

گرمای تبخیر : گرمایی که مایع در نقطه ی جوش می گیرد تادر همان دما به بخار تبدیل شود. $Q_v = m L_v$

نکته:میعان بر عکس تبخیر است.($Q_v = -- m L_v$)

نکته بسیار مهم :

($C_{آب} = 4200$ $C_{یخ} = 2100$ $L_F = 336000$ $L_V = 2256000$)

$$C_{یخ} = \frac{1}{2} C_{آب} \qquad L_F = 80\, C_{آب} \qquad L_V = 540\, C_{آب}$$

تعادل همراه با تغییر حالت (تعدل آب و یخ)

۱) بخار۱۰۰ و یخ θ -- $m_1 L_v + m_1 c \theta -- m_2 c \theta -- m_2 L_F = (m_1 + m_2) c \theta_e$

۲) بخار۱۰۰ و یخ صفر $m_1 L_v + m_1 c \theta -- m_2 L_F = (m_1 + m_2) c \theta_e$

نکته۱) هر مقدار بخار ۱۰۰ درجه می تواند ۸ برابر جرم خود، از یخ صفر درجه را ذوب کند و دمای تعادل صفر شود

۳) آب θ و یخ -θ $m_1 c \theta -- m_2 c \theta -- m_2 L_F = (m_1 + m_2) c \theta_e$

۴) آب θ و یخ صفر $m_1 c \theta -- m_2 L_F = (m_1 + m_2) c \theta_e$

نکته مهم ۲) در حالتهای فوق اگر طرف اول منفی شد یعنی تمام یخ ذوب نشده است پس ($\theta_e = 0$) را قرار می دهیم و جرم یخ ذوب شده در($m L_F$) را مجهول گرفته و بدست می آوریم.

نکته۳) هرگاه پس از تعادل ، یخ در مجموعه بماند دمای تعادل صفر است

۵) بخار۱۰۰ و آب θ $m_1 L_v + m_1 c \theta + m_2 c \theta = (m_1 + m_2) c \theta_e$

۶) آب صفر و یخ θ -- (یخ ذوب نمی شود فقط آب منجمد می شود) $m_1 c \theta$ -- $m_2 L_F = 0$

نکته۴) در تمام حالات فوق وقتی در سوال کلمه **حداقل** می آید یعنی اینکه فقط یخ ذوب می شود یا فقط میعان بخار داریم.

راه حل سریع

برای کلیه حالتهای تعادل فوق (فقط آب ویخ) مراحل زیر را انجام دهیم

الف) جرمها را تا حد امکان ساده می کنیم

ب)

زور آب: بخار 540 m ؛ آب θ m θ ؛ آب صفر(انجماد) 80 m

زور یخ: یخ صفر (ذوب) 80 m ؛ یخ θ -- $\frac{1}{2}$ m θ

$$\theta_e = \frac{\text{زوریخ} - \text{زورآب}}{\text{مجموع جرمها}}$$

نکته) اگر صورت کسر منفی شد یعنی (θ_e = o) است در نتیجه جرم یخ ذوب شده در(80 m) را مجهول گرفته و آنرا بدست می آوریم.

نکته ۲)در حالت آب θ و یخ صفر(وقتی تمام یخ ذوب نشود) همچنین می توان نوشت : ($m = \frac{m\theta}{80}$ جرم یخ ذوب شده)

(بعبارت دیگر m گرم آب ۸۰ درجه می تواند m گرم یخ صفر درجه را ذوب کند)

نکته ۳) اگر همراه آب و یخ جسم دیگری نیز باشد دیگر ازروابط فوق نمی توان استفاده کرد.

تبخیر سطحی: در سطح مایعات بعضی از ملکول ها انرژی لازم برای جدا شدن از مایع را پیدا می کنند این را تبخیر سطحی می گویند

عوامل مؤثر در آهنگ تبخیر سطحی: الف)دما ی مایع ودمای محیط ب)سطح تماس مایع با محیط ج) وزش باد ونسیم د) فشار هوا

نکته) در تبخیر سطحی مولکولهایی که بخار می شوند انرژی خود را از ذرات بغل دستی خود می گیرند.از اینرو تبخیر سطحی انرژی درونی و دمای مایع زا کاهش می دهد. مثلا در شکل مقابل قسمتی از آب صفر درجه تبخیر می شود و مابقی آب منجمد می گردد.از اینرو داریم :

$$\begin{cases} M_1 L_V = M_2 L_F \\ M_1 + M_2 = M_{\text{آب}} \end{cases}$$

آب صفر درجه

تفاوت تبخیر سطحی با جوش:

الف)عمل جوشش فقط در دمای مشخص به نام نقطه ی جوش صورت می گیرد ولی تبخیر سطحی درهردمایی ممکن است صورت بگیرد

ب)عمل جوشیدن همراه با تشکیل حباب است که قابل تشخیص است ولی تبخیر سطحی قابل تشخیص نیست.

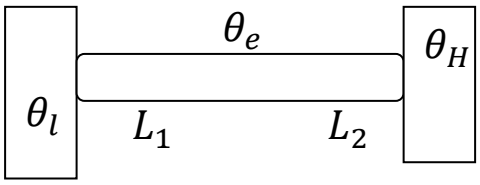
روش ها ی انتقال گرما

۱) رسانش:در جامدات صورت می گیردبه طوری که میزان آهنگ رسانشگرما در میله ای به طول L وسطح مقطع A به ازای اختلاف دماي $\Delta\theta$ در مدت زمان t برابر است با :

$$H = \frac{Q}{t} = \frac{K A \Delta\theta}{L}$$

نکته ۱) دراین رابطه K مقدار ثابتي است که آنرا رسانندگي گرمايي گويند

نکته) در شکل مقابل آهنگ رسانش گرما از دو میله یکسان است .از اینرو



$$H_1 = H_2$$

$$\frac{K_1 A_1 (\theta_e - \theta_l)}{L_1} = \frac{K_2 A_2 (\theta_H - \theta_e)}{L_2}$$

۲)**همرفت**: علت جریان همرفتی تغییر چگالی است. در این انتقال همه ی ذرات ماده جابه جا می شود وانرژی گرمایی را با خود منتقل میکنند که این روش انتقال در مایعات و گازها صورت می گیرد.

نکته) الف) همرفت طبیعی : گرم شدن هوای اتاق با بخاری – باد ساحلی – گرم شدن آب درون قابلمه – انتقال گرما از مرکز به سطح خورشید

ب) همرفت واداشته : سیستم گرم کننده مرکزی ساختمان – سیستم خنک کننده موتور اتومبیل – گرم وسرد شدن بخشهای بدن بر اثر گردش خون در بدن جانوران خونگرم

۳) **تابش**: احتیاجی به محیط ماده یا ملکول ندارد. امواج به صورت انرژی الکترومغناطیسی منتشر می شود.

نکته) تابش گرمایی از یک سطح به دما و مساحت ومیزان صیقلی بودن ورنگ سطح بستگی دارد.

اثر گلخانه ای : گرم شدن سطح زمین به دلیل به دام افتادن تابش های گرمایی بین لایه ای ازجو وسطح زمین

ویژه رشته ریاضی

گاز کامل : در گازهای کامل انرژی پتانسیل صفر است.در نتیجه انرژی درونی وابسته به انرژی جنبشی می باشد.وانرژی جنبشی وابسته به دمای مطلق گاز است

نکته ۱) معادله حالت گاز کامل: $PV = nRT \longrightarrow PV = \frac{m}{M}RT$

در این رابطه فشار برحسب پاسکال و حجم برحسب متر مکعب و دما برحسب کلوین و مقدار $R = 8.314$ می باشد

نکته) برای دو حالت مختلف گاز داریم: $\frac{P_2V_2}{P_1V_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \frac{M_2}{M_1} \times \frac{T_2}{T_1}$

نکته۲) رابطه چگالی گاز کامل :

طبق رابطه مقابل چگالی با فشار رابطه مستقیم و با دما رابطه عکس دارد $\rho = \frac{PM}{RT} \longrightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2}$

نکته **۳)** **قانون گازهای کامل** را می توان بصورت مقابل نوشت

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \longrightarrow \begin{cases} \text{هم حجم} & \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{\Delta P}{\Delta T} \\ \text{هم فشار} & \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{\Delta V}{\Delta T} \\ \text{همدما} & P_1V_1 = P_2V_2 \end{cases}$$

نکته) یکا ی حجم وفشارکافیست در دو طرف یکسان باشد **ولی یکای دما باید حتما کلوین باشد**

==========

فصل پنجم : ترمودینامیک

دستگاه (سیستم) : هرجسم یا مجموعه ای از اجسام که به منظور مطالعه مورد بررسی قرار می گیرد.

محیط : اجسامی که در اطراف دستگاه مورد نظر قرار دارند وبرروی آن تاثیر می گذارند.

تذکر)به کمیت هایی که وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می کنند کمیت ماکروسکپی می گویند. این کمیتها که حالت دستگاه باآنها توصیف می شود را متغیرهای ترمودینامیکی می نامند ورابطه بین این متغیرها را معادله حالت گویند

فرآیند ترمودینامیک : فرآ یندی که درآن دستگاه بامبادله کار یا گرما بامحیط از حالتی به حالتی دیگر تغییر می یابد.

مانند گرم شدن اتاق یا یخ زدن آب

فرآیند آرمانی: در طول این فرآیند دستگاه همواره بسیار نزدیک به حالت تعادل باقی می ماند

.

منبع گرما : منبع یاچشمه گرما به جسمی گویند که تغییر دمای آن در اثر تبادل گرما قابل ملاحظه نباشد. مانند مخلوط آب ویخ

معادله حالت گاز کامل : بصورت مقابل می باشد . $P\,V = n\,R\,T$

در این رابطه فشار برحسب پاسکال و حجم برحسب متر مکعب و دما برحسب کلوین و مقدار $R = 8.314$ می باشد

تذکر خیلی مهم)

$$n\,R\,\Delta T = P_2\,V_2 - P_1\,V_1 \longrightarrow \begin{cases} n\,R\,\Delta T = P\,\Delta V \\ n\,R\,\Delta T = V\,\Delta P \end{cases}$$

انرژی درونی : مجموع انرژی های مولکولهای یک جسم را گویند وبا علامت U نشان می دهیم.

نکته مهم) الف : **انرژی درونی فقط تابع دمای مطلق می باشد.**

ب) دردومورد تغییرات انرژی درونی صفر خواهد شد ($\Delta U = o$) : فرآیند همدما وفرآیند چرخه ای

تبادل انرژی : مبادله انرژی بین دستگاه ومحیط به دو روش انجام می گیرد : تبادل گرما (Q) و تبادل کار(W)

نکته مهم) الف) اگر دستگاه گرما بگیرد $Q > o$ و اگر دستگاه گرما از دست دهد $Q < o$ خواهد بود.

ب) اگر محیط روی دستگاه کار انجام دهد $W > o$ (مانند حالت تراکم یک گاز) و اگر دستگاه روی محیط کا ر

انجام دهد $W < o$ (مانند حالت انبساط یک گاز) خواهد بود.

تذکر) منظور از کار (W) از این به بعد کار انجام شده برروی دستگاه است مگر اینکه خلاف آن قید شود

قانون اول ترمودینامیک : تغییرات انرژی درونی دستگاه برابر با مجموع جبری کار و گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط

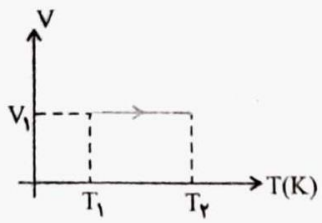
$$\Delta U = Q + W$$

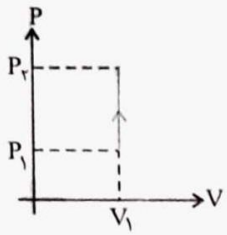
فرآیند های خاص

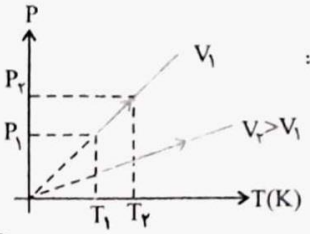
الف) فرآیند هم حجم : فرآیندی که در آن حجم همواره ثابت است (در این فرآیند چگالی گاز همواره ثابت است)

۱) فشار با دمای کلوین متناسب است $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{\Delta P}{\Delta T}$

۲) گرما $Q_V = n\,C_V\,\Delta T$ کار $W = 0$







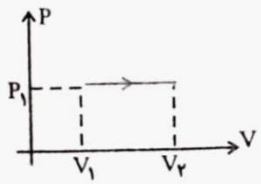
اگر $n_1 = n_2$ باشد:

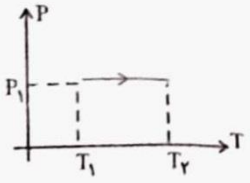
در نمودار (P-T) فرآیند حجم ثابت، شیب نمودار برابر $\frac{nR}{V}$ است. ($\frac{nR}{V}$ = شیب خط)

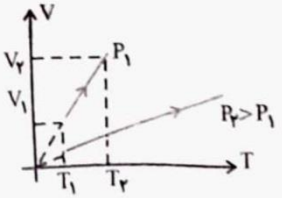
ب) فرآیند هم فشار: فرایندی که در ان فشارهمواره ثابت است

۱) حجم با دمای کلوین متناسب است $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{\Delta V}{\Delta T}$

۲) گرما $Q_P = n\, C_P\, \Delta T$ کار $W = -P\, \Delta V$





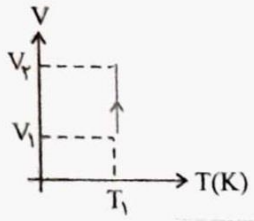


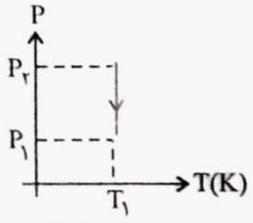
در نمودار (V-T) فرآیند هم فشار، شیب نمودار برابر $\frac{nR}{p}$ است.

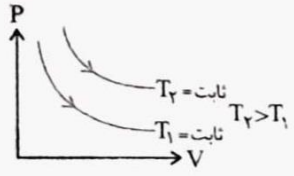
ج) فرآیند هم دما: فرآیندی که در آن دما همواره ثابت است

$\Delta T = 0$ $\Delta U = 0$ $(Q = -W)$ $P_1\, V_1 = P_2\, V_2$

نمودارهای فرآیند هم دما: این نمودارها مربوط به فرآیند انبساطی هم دما است.





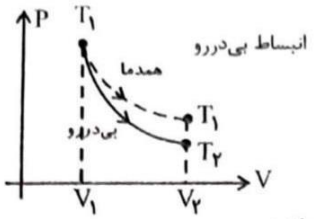


۱۸

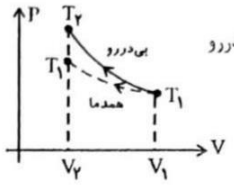
د) فرآیند بی درو: فرآیندی که در آن بین دستگاه ومحیط گرما مبادله نشود. پس باید دستگاه نسبت به محیط عایق بندی گرمایی شود یا فرآیند سریع انجام گیرد

$$Q = 0 \qquad W = \Delta U$$

۱. نمودار P-Vی فرآیند بی‌دررو، مطابق شکل‌های زیر است که نسبت به فرآیند هم‌دما، به ازای تغییر حجم مساوی، تغییر فشار بیش‌تری خواهد داشت:



$$Q = 0 \begin{cases} \Delta V > 0 \\ W < 0 \\ \Delta U < 0 \\ \Delta T < 0 \end{cases}$$



$$Q = 0 \begin{cases} \Delta V < 0 \\ W > 0 \\ \Delta U > 0 \\ \Delta T > 0 \end{cases}$$

۲. هم‌چنین فرآیند بی‌دررو نسبت به فرآیند هم‌دما به ازای تغییر فشار یکسان، تغییر حجم کم‌تری خواهد داشت.

۳. تغییر انرژی درونی به نوع فرآیند بستگی ندارد و فقط به دمای ابتدا و انتهای فرآیند وابسته است.

تذکر خیلی مهم) در تمام فرآیندها تغییرات انرژی درونی برابر است با : $\Delta U = n\, C_V\, \Delta T$

<u>فرایند چرخه ای</u> :فرآیندی که در طی آن دستگاه پس از چند مرحله به حالت اولیه خود برگردد.

تذکر مهم) ۱) در یک چرخه قدر مطلق کار برابر است با مساحت چرخه (در نمودار P -- V)

۲) هرگاه چرخه ساعتگرد باشد کار منفی (W o) و هرگاه چرخه پاد ساعتگرد باشد کار مثبت (W o) است

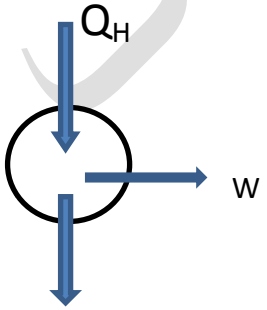
۳) تغییر دما و تغییر انرژی درونی صفر است. ($\Delta U = o$ و $\Delta T = o$)

ماشین گرمایی : هر دستگاهی که بتواند بوسیله یک فرآیند چرخه ای گرما را به کار تبدیل کند مانند ماشین بخار

تذکر) ماشین گرمایی دو نوع است : الف) برون سوز : مانند ماشین بخار و ماشین استرلینگ

ب) درون سوز : مانند موتورهای بنزینی و دیزلی و بدن انسان

بازده ماشین گرمایی



$$W = Q_H - Q_L$$

$$\text{بازده } \eta = \frac{W}{Q_H}$$

قانون دوم ترمودینامیک : (بیان ماشین گرمایی) : هرگز ممکن نیست یک دستگاه در طی یک چرخه مقداری گاز از یک چشمه گرم بگیرد و همه آنرا به کار تبدیل کند.

تذکر ۱) بیشترین بازده یک ماشین گرمایی را شخصی بنام سعدی کارنو بدست آورد که بصورت مقابل می باشد.

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad (\frac{T_L}{T_H} = \frac{Q_L}{Q_H})$$

تذکر ۲) الف) اگر Q_L ثابت باشد Q_H با η رابطه مستقیم دارد

ب) اگر Q_H ثابت باشد Q_L با η رابطه عکس دارد

تذکر۳) اگر Q_H و Q_L را به یک اندازه زیاد کنیم بازده کم واگر به یک اندازه کم کنیم باز ده زیاد می شود

تذکر ۴) اگربا ثابت بودن Q_H مقدار Q_L را کم کنیم

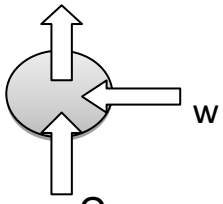
کارنو $\Delta\eta = \frac{\Delta T_L}{T_H}$ $\Delta \eta = \frac{\Delta Q_L}{Q_H}$

تذکر ۵) در ماشین گرمایی داریم $Q_L < 0$ $Q_H > 0$ $W > 0$

یخچال : در یخچالها عکس عمل ماشین های گرمایی صورت می گیرد. بدین معنی که با انجام کار گرما از چشمه سرد

گرفته شده و گرمای به منبع گرم داده می شود.

<u>ضریب عملکرد یخچال</u> : نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد به کاری که موتور یخچال انجام می دهد



$$W = Q_H - Q_L \qquad K = \frac{Q_L}{W}$$

تذکر ۱) روابط دیگری که برای یخچال می توان بدست آورد :

$$W = P\,t \qquad Q_H = (1+K)W \qquad \frac{Q_H}{Q_L} = \frac{1+K}{K} \qquad Q_L = m\,c\,\Delta\theta$$

تذکر ۲) الف) اگر Q_H ثابت باشد K با Q_L رابطه مستقیم دارد

ب) اگر Q_L ثابت باشد K با Q_H رابطه عکس دارد

تذکر ۳) $Q_L > 0$ $Q_H < 0$ $W > 0$ (چرخه یخچال پاد ساعتگرد است)

قانون دوم به بیان یخچالی : هرگز ممکن نیست که یک دستگاه فرآیندی را طی کند که نتیجه آن انتقال گرما از جسم سرد به جسم گرم باشد