

حال یک تابع مهم به نام کار را تعریف می کنیم:
 کار عبارتست از نیرو در حاصلضرب داخلی یک تغییر مکان کوچک. کار یک تابع مسیری است یعنی به مسیر بستگی دارد.

$$\Delta w = \int f \cdot dl$$

انواع کار:

۱- کار مربوط به تغییر ارتفاع یک جسم که دارای جرم m است.

$$W = mg(h^2 - h^1)$$

۲- کار مربوط به تغییر سرعت جسمی به جرم m

$$Ek = \frac{1}{2} m v^2 \quad W = Ek^2 - Ek^1$$

۳- کار مربوط به فشردگی فنر

$$F = k x \quad , \quad Eps = \frac{1}{2} k x^2 \quad , \quad W = Eps^2 - Eps^1$$

که Eps پتانسیل فنر است.

۴- کار مربوط به نیروی ارشمیدس : وقتی جسمی در سیالی فرو رود، به اندازه وزن سیال هم حجم آن جسم بر آن از پایین به بالا نیرو وارد میشود. مثلاً اگر جسمی تا نصف در آب فرو رود، به اندازه وزن همان تکه به آن نیروی ارشمیدس وارد میشود و ما جسم را سبکتر احساس میکنیم.

$$F_b = \rho g h A = mg$$

تحول رورسیبل چیست؟

رورسیبل به معنای بازگشت پذیر است. تحول رورسیبل یک تحول شبه تعادلی است. یعنی نیروی محرک و نیروی مقاوم با هم برابرند. مثلاً فرض کنیم یک پیستون داریم که یک وزنه روی آن قرار دارد. اگر یک ذره بسیار کوچک از وزنه را برداریم، پیستون یک ذره بالا می رود و اگر یک ذره بسیار کوچک روی آن بگذاریم به پایین برمیگردد. به همین دلیل به آن بازگشت پذیر میگویند.

$$W = \int p dv$$

ما دو نوع تابع داریم:

۱- توابع نقطه ای

۲- توابع مسیری

۱ - تابع نقطه ای خود دو نوع است:

توابع نقطه ای مستقل از جرم سیستم که خواص متمرکز یا **intensive** نامیده میشوند. مانند دما و فشار و حجم مخصوص و...

توابع نقطه ای وابسته به جرم سیستم که خواص غیر متمرکز یا **extensive** نامیده میشوند. مانند جرم، انرژی درونی، دانسیته و...

۲- توابع مسیری نیز توابعی هستند که به مسیری که آن تابع رخ میدهد بستگی دارند مانند تابع کار که قبلا در مورد آن صحبت شد.

قانون اول ترمودینامیک:

هدف ترمودینامیک دادن گرما و گرفتن کار است. یعنی به سیستم گرما داده و از آن کار بگیریم.

قانون اول برای سیستم بسته و سیکل بدین صورت تعریف میشود:

هر سیستم بسته ای که سیکلی طی کند، جمع گرماها با جمع کارها برابر است.

قانون اول برای سیستم بسته و تحول: اگر سیستم بسته ای طی یک تحول از نقطه ۱ به ۲ برود، به وسیله هر تحولی میتواند دوباره از ۲ به ۱ بازگردد. یعنی به مسیر بستگی ندارد.

گرمای ویژه: مقدار گرمایی که به یک جسم داده میشود تا دمای آن یک درجه سانتیگراد بالا رود. گرمای ویژه برای یک جسم تک فازی تعریف میشود. و این گرما سبب تغییر دما میشود نه تغییر فاز. پس این یک گرمای محسوس است و گرمای نهان هم که تعریف میشود در مقابل گرمای محسوس یا آشکار قرار میگیرد و باعث تغییر فاز میشود. گرمای ویژه برای سیستم های حجم ثابت و فشار ثابت تعریف میشود. در حجم ثابت رورسیبل:

$$\Delta Q = cv d T$$

در فشار ثابت رورسیبل:

$$\Delta Q = cp d T$$

در حالتی که تحول غیر حجم ثابت یا غیر فشار ثابت باشد، گرماهای ویژه همان مقادیر قبلی هستند چون یک تابع نقطه ای بوده و به مسیر تحول بستگی ندارند ولی در این حالت گرما تغییر میکند چون یک تابع مسیری میباشد و به مسیر تحول و نوع تحول بستگی دارد.

فرض میکنیم یک مخزن صلب داریم که خالی و غیر عایق است و در محیطی با دمای قرار دارد. چون خالی است، فشارسنج فشار صفر را نشان میدهد. حال درون ظرف مقدار کافی از یک مایع خالص (m کیلوگرم) میریزیم.

فشارسنج "آنا" شروع به حرکت میکند چون مایع "آنا" شروع به تبخیر میکند یعنی فشاری که فشارسنج نشان میدهد مجموع نیروهای بین مولکولی است بعد از مدتی به دلیل اینکه مقدار بیشتری از مایع بخار میشود، حرکت عقربه فشارسنج تندتر میشود اما بعد از مدتی حرکت عقربه کند میشود و سطح مایع یا فصل مشترک مایع و بخار خیلی کوچک تغییر میکند و سیستم دو فازی میشود یعنی دو فاز مایع و بخار با هم در تعادلند. در این حالت سیستم در دمای T و فشار P قرار دارد که P را فشار بخار مایع در دمای T گوئیم و T را نقطه جوش مایع در فشار P گوئیم و چون ظرف غیر عایق است، دمای محیط و مایع یکی است. فاز نیز قسمتی از سیستم است که خواص ماده در آن یکسان است.

البته باید به این نکته دقت شود که هر ماده میتواند بینهایت دمای جوش داشته باشد. دمایی که در آن فشار بخار آب P است، نقطه جوش نرمال آب یا **steam point** نام دارد.

هر فشار تابع دما و جنس مایع است.

اگر بخواهیم فشار را بر حسب دما رسم کنیم، به یک منحنی میرسیم یعنی خط نیست چون هیچ مایعی نداریم که اگر دما را دو برابر کنیم، فشار نیز حتماً دو برابر شود.

منحنی های مایعات مختلف با هم موازی نیستند و هیچگاه روی هم نمی افتند چون منحنی ها به جنس مایع نیز بستگی دارند. در مخزن صلب دو فاز بخار و مایع اشباع داریم که در تعادلند. طبق قرارداد هر جا مایع اشباع داریم، از اندیس f و برای بخار اشباع از اندیس g استفاده میکنیم.

$$m = m_g + m_f$$

برابر است با جرم بخار اشباع و مایع اشباع m جرم

$$v = v_g + v_f$$

حجم ظرف نیز با مجموع حجم بخار و مایع اشباع برابر است.

$$V_g = m_g v_g$$

$$V_f = m_f v_f$$

همانطور که میبینیم، حجم تابع جرم است و یک خاصیت extensive است ولی حجم مخصوص یک خاصیت intensive است.

$$v = v_g + v_f = m_g v_g + m_f v_f$$

اگر طرفین رابطه بر m تقسیم شود، یک متغیر جدیدی تعریف میشود که برابر است با mg/m که آن را x یا کیفیت مینامیم.

$$v/m = m_g/m v_g + m_f/m v_f$$

پس هر چه کیفیت بیشتر باشد، بهتر است.

$$V = x v_g + (1-x) v_f$$

$(1-x)$ نیز عکس کیفیت است یعنی رطوبت نامیده میشود.

در رابطه بالا وقتی $x=1$ باشد، مقدار m حداقل است. یعنی هیچ مایعی وجود ندارد.

وقتی $x=0$ باشد، حداکثر m را داریم یعنی کیفیت صفر است و ظرف کاملاً پر از آب است.

مایع و بخار اشباع دارای یک درجه آزادی هستند یعنی فقط دارای یک خاصیت intensive مستقل است. البته فرقی ندارد کدام خاصیت را در نظر بگیریم ولی معمولاً انتخاب T یا P راحتتر است.

حال اگر در این ظرف فقط قسمتی آن را در نظر بگیریم که فقط بخار اشباع وجود دارد، میتوان گفت که کیفیت آن ۱۰۰٪ است چون هیچ مایعی در آن وجود ندارد. یعنی ما بخار اشباع با کیفیت ۱۰۰٪ داریم. حال اگر دمای آن را بالا ببریم، بخار داغ داریم. به عبارتی بخار داغ بخاری است که دمایش از دمای اشباع متناظر با فشارش بیشتر است هر چه دما را بالاتر ببریم، بخار سوپر هیت تر میشود. بخار

super heat دو درجه آزادی دارد چون فشار تابع دما نیست و اگر بخواهیم خواص آن را تعیین کنیم، باید دو خاصیت intensive آن را داشته باشیم یعنی مثلاً "باید دما و فشار آن را داشته باشیم. البته بخار سوپرهیت تعریف دیگری نیز دارد: بخاری که فشارش از فشار اشباع متناظر با دمایش کمتر است. که به آن بخار داغ عمودی گویند چون اگر به صورت عمودی از منحنی P-T پایین بیاییم، به سوپرهیت میرسیم. حال اگر در ظرف، مایع اشباع را در نظر بگیریم کیفیت ۰٪ را دارد. اگر وزنه های روی پیستون را افزایش دهیم فشار افزایش می یابد حال مایعی داریم که فشار آن از فشار اشباع متناظر با دمایش بیشتر است. که به آن مایع متراکم یا مایع کمپرس گوئیم. این تعریف مایع کمپرس عمودی است. چون فشار افزایش می یابد خواص نیز تغییر میکند. مثلاً "دانسیته زیاد میشود و حجم مخصوص کم میشود. مایع کمپرس افقی نیز مایعی است که دمایش از دمای اشباع متناظر با فشارش کمتر است (مایع سرد).

مایع کمپرس نیز دارای دو درجه آزادی است. البته مایع کمپرس تابع ضعیفی از دما و فشار است و معمولاً "خواص مایع کمپرس تقریباً" برابر با خواص مایع اشباع متناظر با دمایش در نظر گرفته میشود. چون اگر فشار را خیلی زیاد کنیم، تغییرات حجم آن خیلی کم است. به همین دلیل از خواص مایع اشباع استفاده میشود. در نمودار P-T روی منحنی، ناحیه مایع-بخار اشباع است سمت راست منحنی بخار سوپرهیت و سمت چپ مایع کمپرس است. از روی همین نمودار کاملاً "میتوان درجه آزادی فازها را فهمید. مختصات مایع بخار اشباع که فقط یک درجه آزادی دارند، به صورت یک نقطه است که به عبارتی یک بعدی است ولی بخار داغ و مایع کمپرس در یک صفحه هستند که دو بعدی است.

تهیه کننده: مینا علیانی