

فصل ۱

ترمودینامیک

ماشین گرمایی: وسیله‌ای است که گرما را به کار (انرژی مکانیکی) تبدیل می‌کند. مانند ماشین بخار، ماشین‌های درون سوز (موتورهای بنزینی و دیزلی) و توربین‌های بخار در نیروگاه‌ها.

ترمودینامیک: علمی است که طرز کار ماشین‌های گرمایی و قوانینی را که این ماشین‌ها از آنها تبعیت می‌کنند مورد مطالعه قرار می‌دهد. ترمودینامیک رفتار مواد را با استفاده از کمیت‌های میکروسکوپی توصیف می‌کند.

تذکر: به سراغ هر ماشین گرمایی که برویم ماده‌ای درون آن وجود دارد که نقش اساسی داشته و تبدیل گرما به کار توسط آن انجام می‌گیرد. این ماده در ماشین بخار، آب، در موتور بنزینی، مخلوط بنزین و هوا و در موتور دیزلی، مخلوط گازوئیل و هوا می‌باشد. بررسی تحولات این ماده، در حقیقت بررسی ماشین گرمایی می‌باشد. در تعریف ترمودینامیک، منظور از ماده، این ماده می‌باشد

کمیت‌های میکروسکوپی: کمیتی هستند که وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ توصیف کرده و به جزئیات رفتار تک‌تک مولکول‌ها وابسته نیستند. مانند فشار، حجم و دمای ماده.

کمیت‌های میکروسکوپی: کمیتی هستند که به وضعیت ماده را در مقیاس ریز پرداخته و رفتار تک‌تک ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده را توصیف می‌کنند. مانند سرعت هر مولکول و انرژی جنبشی هر مولکول.

تذکر: کمیت‌های میکروسکوپی معمولاً قابل اندازه‌گیری با ابزار اندازه‌گیری‌اند. مانند فشار، با فشارسنج، دما، با دماسنج، نیرو، با نیروسنج، جرم، با ترازو و... ما کمیت‌های میکروسکوپی، شاید قابل محاسبه باشند. به همین دلیل دسترسی به کمیت‌های میکروسکوپی راحت‌تر است.

دستگاه - محیط: ماده‌ای را که می‌خواهیم وضعیت و تحولات مربوط آنرا مورد بررسی قرار دهیم دستگاه می‌نامیم. موادی که با دستگاه در ارتباط بوده و می‌توانند با آن مبادله‌ی انرژی انجام دهند، محیط نامیده می‌شوند.

تذکر: دستگاه‌های ترمودینامیکی اغلب به حالت گاز، گاهی به شکل مایع و به ندرت به شکل جامد می‌باشند.

گاز کامل (ایده‌آل): چنانچه گاز به قدری رقیق باشد که بتوانیم از ابعاد مولکول‌های آن در برابر فاصله‌ی بین آنها صرف نظر کنیم به آن، گاز کامل می‌گوئیم.

تذکر: بین مولکول‌های گاز کامل پیوندی وجود نداشته و نیرویی به هم وارد نمی‌کنند. مولکول‌های گاز کامل هیچگاه به هم برخورد نمی‌کنند.

سوال: چرا به جای گازهای واقعی (حقیقی)، رفتار گاز کامل را بررسی می‌کنیم؟
آزمایش نشان می‌دهد هر چه گاز رقیق‌تر باشد قاعده‌مندتر است. بنابراین قانون‌مندی و رابطه‌ای که به دست می‌آید متعلق به گاز کامل است. برای گازهای واقعی نیز به ناچار از همین رابطه استفاده می‌کنیم اما با تقریب. هرچه گاز واقعی، غلیظ‌تر باشد، دقت این رابطه کمتر می‌باشد.

متغیرهای ترمودینامیکی: کمیت‌های ماکرو سکوپیکی که وضعیت دستگاه با استفاده از آنها توصیف می‌شود، متغیرهای ترمودینامیکی آن دستگاه نامیده می‌شوند.

تذکر: هر دستگاه، متغیرهای ترمودینامیکی خاص خود را دارد متغیرهای ترمودینامیکی گازهای کامل عبارتند از: فشار (P)، حجم (V) و دمای مطلق (T).

معادله‌های حالت: معادله‌ی حالت یک دستگاه معادله‌ای است که نحوه‌ی ارتباط بین متغیرهای ترمودینامیکی آن دستگاه را مشخص می‌کند.
به طور کلی پیدا کردن معادله‌ی حالت مواد کاری است بسیار پیچیده و دشوار، اما اگر دستگاه، گاز کامل باشد معادله‌ی حالت آن، معادله‌ی نسبتاً ساده‌ای خواهد بود.

معادله‌ی حالت گازهای کامل: می‌دانیم برای جرم معینی از یک گاز کامل نسبت $\frac{PV}{T}$ مقداری است ثابت. آزمایش نشان می‌دهد که این مقدار ثابت اولاً به نوع گاز بستگی ندارد، ثانیاً با تعداد مول‌های گاز نسبت مستقیم دارد. یعنی:

$$\frac{PV}{T} \propto n \Rightarrow \frac{PV}{T} = nR \Rightarrow \boxed{PV = nRT} \xrightarrow{T} \text{دمای مطلق گاز (K)}$$

P (فشار گاز (pa)) V (حجم گاز (m^3)) n (تعداد مول‌های گاز (mol))

به معادله فوق معادله‌ی حالت گازهای کامل و به R ثابت گازهای کامل گفته می‌شود. نکات مهم:

۱. واحد ثابت گازها در SI عبارت است از:

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} \Rightarrow R = \frac{pa \times m^3}{mol \cdot K} = \frac{\frac{N}{m^3} \times m^3}{mol \cdot K} = \frac{N \cdot m}{mol \cdot K} = \frac{J}{mol \cdot K}$$

۲. مقدار ثابت گازها در SI برابر است با:

$$R \approx 8/314 \approx \frac{25}{3} \frac{J}{mol \cdot K}$$

۳. هر مول گاز یعنی تعداد $6/02 \times 10^{23}$ مولکول از آن گاز. به این عدد، عدد آووگادرو گفته و آنرا با N_A نشان می‌دهیم.

۴. جرم مولی (جرم مولکولی) یک گاز یعنی جرم یک مول از آن گاز. به عنوان مثال جرم مولی هیدروژن $M_{H_2} = 2 \frac{g}{mol}$ است. یعنی جرم تعداد $6/02 \times 10^{23}$ مولکول هیدروژن $2g$ می‌باشد.

۵. تعداد مولهای گاز را می‌توانیم از رابطه‌ی زیر بدست آوریم

جرم گاز (g) تعداد مول‌های گاز (mol)

$$\begin{array}{ccc} \text{جرم} & & \text{تعداد مول‌ها} \\ M & \Rightarrow & n \\ m & & \end{array} \Rightarrow \boxed{n = \frac{m}{M}} \xrightarrow{PV=nRT} \boxed{PV = \frac{m}{M}RT} \quad (1.1)$$

جرم مولی گاز $\frac{g}{mol}$

۶. تعداد مول‌های گاز را می‌توانیم از رابطه‌ی زیر بدست آوریم:

تعداد مولکول‌های گاز

$$n = \frac{m}{M} = \frac{Nx}{N_A x} \Rightarrow \boxed{n = \frac{N}{N_A}} \xRightarrow{PV=nRT} \boxed{PV = \frac{N}{N_A} RT}$$

عدد آووگادرو

جرم هر مولکول

۷. می‌دانیم هر مول گاز کامل در شرایط استاندارد (STP) (دمای صفر درجه‌ی سلسیوس یا 273 کلوین و فشار یک اتمسفر) 22.4 لیتر حجم دارد. اگر معادله‌ی حالت این گاز را با معادله‌ی حالت گاز موجود مقایسه کنیم، ثابت R حذف شده و کمیت مجهول مساله بدست می‌آید:

دمای مطلق

تعداد مول‌ها

حجم گاز

فشار گاز

$$PV = nRT \Rightarrow \boxed{\frac{PV}{P_0 V_0} = n \times \frac{T}{T_0}}$$

دمای استاندارد $T_0 (273K)$

فشار استاندارد P_0

حجم استاندارد V_0

تعداد مول استاندارد n

فشار استاندارد $(22.4 \text{ lit} = 22400 \text{ cm}^3 = 0.0224 \text{ m}^3)$

فشار استاندارد $(1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} \approx 10^5 \text{ Pa})$

سی سی سی

لیتر میلی $mlit$

مزیت استفاده از این رابطه آن است که اولاً ثابت R (که معمولاً مقدار تقریبی آن را داریم) از آن حذف شده است. ثانیاً لازم نیست که P و V در SI نوشته شوند بلکه کافی است واحدهای V و V_0 همچنین P و P_0 یکسان باشند. باید دقت شود که T و T_0 حتماً بر حسب کلوین نوشته شوند. توصیه می‌شود هرگاه در پایان مساله مقدار R را دادند از آن در رابطه‌ی $PV = nRT$ استفاده شود؛ در غیر این صورت از رابطه‌ی اخیر استفاده کنید.

۸. معادله حالت گازهای کامل هنگامی برقرار است که گاز به حال تعادل باشد. یعنی فشار و دما در همه‌ی نقاط آن یکسان باشد. اگر فشار تمامی نقاط گاز یکسان نباشد مولکولها از ناحیه‌ی پرفشار به نواحی کم‌فشار شارش می‌کنند. همچنین اگر دمای نقاط مختلف گاز متفاوت باشد بین آن قسمت‌ها مبادله‌ی گرما صورت می‌گیرد و می‌دانیم بکی از روشهای انتقال گرما همرفت (جابجایی) است. به این ترتیب هم اختلاف فشار و هم اختلاف دما می‌تواند سبب شارش سیال شود.