

فصل ۱

گرما

در این فصل مفهوم گرما و ظرفیت گرمایی را معرفی خواهیم کرد.

۱.۱ تعریف گرما

همه ما آشنایی با مفهوم بصری گرما داریم. با نشستن در کنار آتش در زمستان و افزایش دما احساس می‌کنیم که حرارت آتش ما را گرم می‌کند. در مقابل، با در دست گرفتن یک گلوله برفی، احساس از دست دادن گرما از دستهایمان را داریم. به نظر می‌رسد گرما نوعی انرژی منتقل شده از چیزهای گرم به چیزهای سرد باشد وقتی که آنها در تماس هستند. بنابراین می‌توان گرما را انرژی در انتقال تعریف کرد. در ادامه دو نقطه نظر مهم درباره تعریف داده شده ارائه می‌کنیم.

- آزمایشها پیشنهاد می‌کنند که وقتی دو جسم سرد و گرم با هم در تماس باشند، گرما بطور خودبخودی از یک جسم گرم به یک جسم سرد منتقل می‌شود. با این وجود وضعیتهایی وجود دارند که ممکن است گرما در جهت معکوس، یعنی از سرد به گرم، منتقل شود. یک مثال خوب فریزر آشپزخانه است. تصور کنید غذایی که در دمای اتاق قرار دارد را داخل فریزر قرار می‌دهید. فریزر گرمای غذا را می‌گیرد و آنرا تا زیر نقطه فریز سرد می‌کند. در اینجا سرما از فریزر به غذا منتقل می‌شود. البته برای بدست آوردن چنین وضعیتی باید انرژی مصرف کرد. پس امکان معکوس کردن جهت شارش گرما وجود دارد فقط اگر انرژی بیشتری صرف آن شود.

- بخش "در انتقال" از تعریف گرما خیلی مهم است. تصور کنید شما می‌توانید گرما به یک جسمی اضافه کنید. اما شما نمی‌توانید ادعا کنید که جسم مربوطه شامل یک مدار مشخص گرما است. جسم بواسطه ظاهری مقیاس و معیاری برای نمایش مقدار گرما ندارد و فقط میزان گرما "در انتقال" احساس می‌شود. برای این منظور، گرم کردن دستها در یک روز زمستانی را بررسی می‌کنیم که به دو روش می‌توان دمای دستها را افزایش داد: (۱) اضافه کردن دما، برای مثال دستها در مقابل چیزی گرم مانند آتش بخاری قرار داد. (۲) مالیدن دستها به یکدیگر. در حالت اول گرما از بیرون اضافه شده است و در حالت دوم گرمایی اضافه نشده است بلکه مقداری کار انجام شده است. در هر دو حالت نهایتاً دمای دستها افزایش یافته است و تفاوتی بین دستهای که گرم شده‌اند وجود ندارد.

گرما برحسب واحد ژول (joule) اندازه‌گیری می‌شود و شارش گرما برحسب واحد وات (watts) داده می‌شود. مثال ۱: هیتر برقی (electric heater) یک کیلوواتی برای ۱۰ دقیقه روشن باشد چه مقدار گرما تولید می‌شود؟ معمولاً مقدار گرما با Q داده می‌شود برای ۶۰۰ ثانیه مقدار گرما برابر است با،

$$Q = 1kW \times 600s = 600kJ.$$

۲.۱ ظرفیت گرمایی

مقدار گرمایی که نیاز است تامین شود تا دمای جسم به اندازه کوچک dT افزایش یابد. بصورت زیر نمایش داده می‌شود،

$$Q = CdT$$

که ظرفیت گرمایی (C heat capacity) بصورت

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

تعریف می‌شود. واحد ظرفیت گرمایی JK^{-1} است. ظرفیت گرمایی در واحد جرم یا در واحد حجم با c نمایش داده می‌شود که به ظرفیت گرمایی ویژه معروف می‌باشد (specific heat capacity). مثال ۲: ظرفیت گرمایی $0.125kg$ آب $523JK^{-1}$ اندازه‌گیری می‌شود. ظرفیت گرمایی آب را (الف) بر واحد جرم و (ب) بر واحد حجم بدست آورید.

(الف) ظرفیت گرمایی در واحد جرم بصورت زیر داده می‌شود،

$$c = \frac{523JK^{-1}}{0.125kg} = 4184 \times 10^3 JK^{-1} kg^{-1}.$$

(ب) ظرفیت گرمایی در واحد حجم از حاصل ضرب قسمت (الف) در چگالی آب $1000kgm^{-3}$ بدست می‌آید، یعنی

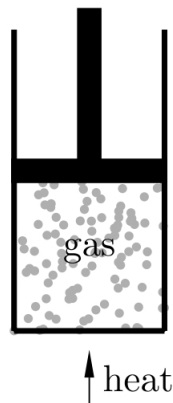
$$c = 4184 \times 10^3 JK^{-1} kg^{-1} \times 1000kgm^{-3} = 4184 \times 10^6 JK^{-1} m^{-3}$$

وقتی به ظرفیت گرمایی یک گاز فکر می‌کنیم پیچیدگی‌های بیشتری ظاهر می‌شوند. سوالی که مطرح می‌شود این است که چه مقدار گرما باید به گازی اضافه شود تا دمای آن به اندازه یک درجه کلوین افزایش یابد؟ در اینجا گرم کردن گاز را به دو روش می‌توان انجام داد. (۱) حجم ثابت، مطابق شکل یک جعبه بسته گاز را در معرض گرما قرار می‌دهیم. با افزایش دما گاز نمی‌تواند منبسط شود چون حجم ثابت شده است. بنابراین فشار افزایش پیدا می‌کند.



↑ heat

(۲) فشار ثابت، مطابق شکل گاز داخل سیلندری قرار دارد و پیستون فشار گاز در داخل سیلندر را ثابت نگه می‌دارد. با افزایش دما پیستون مجبور به جابجایی بطرف بالا می‌شود و حجم افزایش پیدا می‌کند در حالیکه فشارش ثابت باقی می‌ماند.



در هر دو حالت یک قید به سیستم اعمال می‌شود. در اینجا ما نیاز به اصلاح تعریف ظرفیت گرمایی یک گاز داریم. برای سیستم گازی با حجم ثابت، ظرفیت گرمایی با حجم ثابت مورد بررسی قرار می‌گیرد، یعنی

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_V$$

و برای سیستم گازی با فشار ثابت، ظرفیت گرمایی با فشار ثابت مورد بررسی قرار می‌گیرد، یعنی

$$C_p = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p$$

ما انتظار داریم که C_p از C_V بزرگتر خواهد شد. چون برای گرم کردن یک گاز در فشار ثابت به گرمای بیشتری، در مقایسه با گرم کردن گازی در حجم ثابت، نیاز است.

مثال ۳: ظرفیت گرمایی ویژه گاز هلیوم در حجم ثابت برابر با $۳/۱۲ \text{ kJK}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ و در حجم ثابت برابر $۵/۱۹ \text{ kJK}^{-1} \text{ kg}^{-1}$ اندازه‌گیری می‌شود. ظرفیت گرمایی مولی گاز هلیوم را برای هر دو حالت بدست آورید (جرم مولی هلیوم ۴ گرم است).

$$C_V = ۳/۱۲ \times ۱۰^۳ \text{ JK}^{-1} \text{ kg}^{-1} \times ۰/۰۰۴ \text{ kg Mol}^{-1} = ۱۲/۴۸ \text{ JK}^{-1} \text{ Mol}^{-1}$$

$$C_p = ۵/۱۹ \times ۱۰^۳ \text{ JK}^{-1} \text{ kg}^{-1} \times ۰/۰۰۴ \text{ kg Mol}^{-1} = ۲۰/۷۶ \text{ JK}^{-1} \text{ Mol}^{-1}$$

و