

عنوان آزمایش:

تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج

هدف آزمایش:

تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج

وسایل مورد نیاز آزمایش:

- ۱- گرماسنج (کالریمتر)
- ۲- دستگاه گرمکن (هیتر)
- ۳- ترازو
- ۴- دماسنج
- ۵- بشر
- ۶- دستکش محافظ حرارتی

تئوری آزمایش:

مقدار گرما از روی میزان تغییری که گرما در خواص قابل اندازه‌گیری ماده ایجاد می‌کند، تعیین می‌شود. یکی از مناسب‌ترین این خواص دمای ماده است. گرمای داده‌شده به ماده در اغلب مواقع سبب بالا بردن دمای آن می‌شود. اگر اجسامی با جرم و جنس‌های گوناگون گرمای مساوی دریافت کنند، دمای آن‌ها به یک اندازه بالا نمی‌رود بلکه میزان این افزایش دمای اجسام در اثر گرما به جنس و جرم آن‌ها وابسته است، ولی برای هر جسم (هر مقدار معینی از ماده) نسبت گرمای مبادله‌شده ΔQ به تغییر دمای ایجادشده در آن، $\Delta\theta$ ، مقداری است ثابت وابسته به جنس و جرم آن جسم که آن را ظرفیت گرمایی جسم (A) می‌نامند و برابر است با:

$$A = \frac{\Delta Q}{\Delta\theta} \quad (1)$$

بنابراین ظرفیت گرمایی یک جسم (مقدار معینی ماده) برابر است با گرمای لازم برای آن که دمای آن ماده را یک درجه سلسیوس افزایش دهد، بدون آن که تغییر شیمیایی یا تغییر حالت فیزیکی در آن ماده ایجاد می‌شود. ظرفیت گرمایی واحد جرم هر جسم را ظرفیت گرمایی ویژه (c) می‌نامند که یکی از مشخصات ماده و فقط وابسته به جنس است و برابر است با:

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta\theta} \quad (2)$$

به عبارتی ظرفیت گرمایی ویژه هر جسم، مقدار گرمایی است که واحد جرم جسم می‌گیرد تا دمای آن ۱ درجه تغییر کند. واحدهای آن $\frac{J}{kg \cdot K}$ و $\frac{cal}{gr \cdot ^\circ C}$ هستند. بنابراین ارتباط ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه یک جسم به صورت زیر است:

$$A = mc \quad (3)$$

پس اگر جسمی تغییر دمایی برابر با $\Delta\theta$ داشته باشد گرمای مبادله شده به وسیله آن جسم از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta Q = mc\Delta\theta = mc(\theta_2 - \theta_1) \quad (4\text{-الف})$$

یا

$$\Delta Q = A(\theta_2 - \theta_1) \quad (4\text{-ب})$$

که در این روابط θ_1 دمای اولیه و θ_2 دمای ثانویه، m جرم جسم و A ظرفیت گرمایی آن و c ظرفیت گرمایی ویژه جسم است.

گرمای ویژه آب خالص بنا به تعریف کالری بر گرم بر درجه سلسیوس است. بنابراین جسمی که ظرفیت گرمایی آن A است، در مقابل گرما نقشی معادل A گرم آب دارد. به همین دلیل A را ارزش آبی جسم نیز می‌نامند.

همانگونه که می‌دانید گرما یکی از اشکال انرژی است که به علت اختلاف دما بین اجسام مبادله می‌شود. در صورتی که چند جسم با دماهای مختلف در یک سامانه بسته در مجاورت یکدیگر قرار گیرند اجسام گرم که دمای بیشتری دارند گرما از دست می‌دهند و سردتر می‌شوند و اجسام سرد که دمای کمتری دارند گرما می‌گیرند و دمایشان بالا می‌رود. تبادل گرما تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که همه اجسام به دمای یکسانی به نام دمای تعادل برسند.

طبق اصل بقای انرژی یا اصل تعادل گرمایی مجموع گرمای مبادله شده به وسیله اجسام مختلف در یک سامانه بسته صفر است، زیرا گرمای مبادله شده به وسیله اجسام گرم منفی و گرمای مبادله شده به وسیله اجسام سرد مثبت خواهد بود، بنابراین:

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 + \dots + \Delta Q_n = 0 \quad (5)$$

به عبارتی مقدار گرمایی که اجسام گرم از دست می دهند برابر مقدار گرمایی است که اجسام سرد می گیرند. برای تعیین هرکاری از مشخصه های گرمایی فوق دو (یا چند) ماده با دمای متفاوت اولیه را درون ظرفی که از محیط ایزوله شده باشد یعنی با محیط تبادل گرمایی نکند به نام گرماسنج (کالریمتر)، مخلوط می کنند. گرماسنج یک ظرف دوجداره است که بین دو جداره آن خلاء شده است و یا به هر نحو با ریختن موا عایق گرما، هوای آن خارج شده است. در یک گرماسنج خوب مشابه فلاسک، جدار خارجی آن را برای جلوگیری از تشعشع آینه می کنند. گرماسنج شامل دماسنج، همزن، درپوش عایق و در بعضی گونه ها مجهز به یک رشته (فیلمان) الکتریکی برای گرم کردن محتویات درون آن است. هرچند گرماسنج مبادله گرما با محیط اطراف را به حداقل می رساند و از نشت گرما به محیط بیرون و یا ورود گرمای محیط به داخل سامانه جلوگیری می کند، اما خود به عنوان یکی از اجسام درون سامانه در مبادله گرما سهم دارد. معمولاً نیاز است که در آزمایشات گرماسنجی بدانیم سهم گرماسنج در مبادله گرما چه میزان بوده است لذا باید ظرفیت گرمایی آن را بدانیم.

در آزمایش های گرماسنجی به دلایل مختلف از جمله داشتن گرمای ویژه کاملاً معین و سهولت تبادل گرما و به تعادل رسیدن آن با مواد دیگر مخلوط، غالباً یکی از مواد مخلوط را آب اختیار می کنند. به هر صورت روش آزمایش به این ترتیب است که m_c گرم از یک ماده سرد (که لازم است مایع باشد) با گرمای ویژه c_c را درون گرماسنج می ریزید و پس از هم زدن و تعادل گرمایی داخل، دمای آن را اندازه گیری می کنند (θ_c). سپس، به سرعت مقداری از یک ماده گرم به جرم m_H و ظرفیت گرمایی ویژه c_H و دمای θ_H را به ظرف اضافه می کنند. پس از حصول تعادل مجدد دمای مخلوط را اندازه گیری می کنند (θ_F). طبق اصل اول ترمودینامیک گرمای گرفته شده به وسیله کلیه اجسامی که در تبادل گرما شرکت می کنند برابر صفر است:

$$m_c c_c (\theta_F - \theta_c) + A(\theta_F - \theta_c) + m_H c_H (\theta_F - \theta_H) = 0 \quad (6)$$

که در آن A ارزش آبی گرماسنج است.

$$A(\theta_F - \theta_c) = m_H c_H (\theta_H - \theta_F) - m_c c_c (\theta_F - \theta_c)$$

A ، ظرفیت گرمایی گرماسنج، طبق رابطه (۷) به دست می آید:

$$A = \frac{m_H c_H (\theta_H - \theta_F) - m_c c_c (\theta_F - \theta_c)}{(\theta_F - \theta_c)} \quad (7)$$

روش انجام آزمایش:

۱- گرماسنج را درحالی که خالی و خشک است روی کفه ترازو قرار داده و جرم آن را تعیین کنید (M).

۲- مقداری آب سرد درون گرماسنج بریزید (حجم آب سرد تقریباً یک سوم حجم کل گرماسنج باشد). حال درپوش گرماسنج را روی آن بگذارید و دماسنج را درون گرماسنج قرار داده و چند لحظه صبر کنید تا آب سرد و گرماسنج مبادله گرما انجام داده و به یک دمای واحد برسند. این دما همان دمای اولیه گرماسنج و دمای اولیه آب سرد است (θ_c).

۳- برای محاسبه جرم آب سرد، جرم گرماسنج حاوی آب سرد را اندازه‌گیری کنید (M'). جرم آب سرد را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$M' - M = m_c \quad (8)$$

۴- حال دماسنج را درون آب داغ قرار دهید. بهتر است دماسنج را به آرامی درون آب حرکت دهید. دمای اولیه آب داغ را بخوانید (θ_H).

۵- درپوش گرماسنج را برداشته . مقداری آب داغ (به میزان حدود یک سوم ظرفیت گرماسنج) روی آب سرد موجود در گرماسنج اضافه کنید و فوری درپوش گرماسنج را بسته و دماسنج را درون آن قرار دهید. می‌بینید که دما در حال تغییر است. آرام محتویات داخل گرماسنج را هم بزنید و منتظر باشید که دماسنج یک عدد ثابت را به شما نشان دهد. این دما همان دمای تعادل (θ_F) است.

۶- حال برای تعیین جرم آب داغ ریخته شده درون گرماسنج دماسنج را خارج کنید و گرماسنج حاوی آب را روی کفه ترازو قرار دهید و جرم آن را تعیین کنید (M''). جرم آب داغ را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$M'' - M' = m_H \quad (9)$$

با قرار دادن مقادیر در رابطه (۷)، ظرفیت گرمایی گرماسنج را محاسبه کنید.

خواسته‌های آزمایش:

جدول (۱): اطلاعات آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج

$\theta_c (^{\circ}C)$	$\theta_H (^{\circ}C)$	$\theta_F (^{\circ}C)$	$m_c (kg)$	$m_H (kg)$	$A \left(\frac{cal}{gr.^{\circ}C} \right)$	ΔA
دمای اولیه آب سرد	دمای اولیه آب گرم	دمای تعادل	جرم آب سرد	جرم آب گرم		