

به نام خداوند جان و خرد



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

هدف آزمایش :

ظرفیت گرمایی ویژه فلزات

تهیه و تنظیم گزارش :

امیررضا حکیمی ۴۰۳۱۱۴۰۲

هدف اصلی این آزمایش ، به دست آوردن ظرفیت گرمایی ویژه فلزات می باشد . حال برای بدست آوردن ظرفیت گرمایی فلزات ، باید ظرفیت گرمایی کالریمتر را داشته باشیم که از طریق آزمایش زیر آن را بدست می آوریم :

گزارش کار آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی کالری متر

تئوری کار :

در ترمودینامیک ، یکی از مهم ترین اصول ، قانون اول ترمودینامیک یا همان قانون پایستگی انرژی است. طبق این قانون انرژی نه به وجود می آید و نه از بین می رود، بلکه فقط از یک جسم به جسم دیگر یا از یک شکل به شکل دیگر تبدیل می شود. در فرآیندهای گرمایی ، این اصل به صورت زیر بیان می شود:

$$\sum Q = 0$$

یعنی در یک سیستم ایزوله، مجموع گرماهای مبادله شده بین اجزای سیستم برابر صفر است. در این آزمایش، سیستم شامل آب گرم، آب سرد و کالری متر است. هنگامی که آب گرم وارد کالری متر حاوی آب سرد می شود، اختلاف دمای بین اجزا باعث انتقال گرما می شود. این انتقال تا زمانی ادامه پیدا می کند که همه اجزای سیستم به یک دمای تعادل مشترک برسند . در این فرآیند:

آب گرم گرما از دست می دهد (سرد می شود)
آب سرد گرما دریافت می کند (گرم می شود)
کالری متر نیز به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی ، مقداری گرما جذب می کند .
بنابراین باید اثر کالری متر در محاسبات لحاظ شود.

رابطه پایه انتقال گرما برای مواد به صورت زیر است:

$$Q = mc\Delta T$$

نحوه انجام آزمایش :

در ابتدای آزمایش، کالریمتر تمیز و خشک آماده می‌شود تا هیچ ماده اضافی روی انتقال گرما اثر نگذارد. سپس مقدار مشخصی آب سرد داخل کالریمتر ریخته می‌شود. مدتی صبر می‌شود تا آب سرد و دیواره‌های کالریمتر به تعادل دمایی برسند، زیرا در این حالت دمای اولیه سیستم دقیق‌تر خواهد بود و خطای اندازه‌گیری کاهش می‌یابد. پس از رسیدن به تعادل، دمای اولیه آب سرد اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. همچنین جرم آب سرد با استفاده از ترازو دقیق اندازه‌گیری می‌گردد.

در مرحله بعد، مقدار مشخصی آب در یک ظرف جداگانه حرارت داده می‌شود تا به دمای بالاتر برسد. سپس دمای آب گرم و جرم آن اندازه‌گیری می‌شود. باید توجه شود که این مرحله باید سریع انجام شود تا اتلاف گرما به محیط حداقل باشد.

سپس آب گرم بلافاصله داخل کالریمتر حاوی آب سرد ریخته می‌شود و درب کالریمتر بسته می‌شود تا سیستم تا حد امکان ایزوله باقی بماند. از این لحظه به بعد، تنها تبادل گرما بین آب گرم، آب سرد و کالریمتر رخ می‌دهد. پس از گذشت زمان کافی، زمانی که دیگر تغییر دما مشاهده نمی‌شود، سیستم به تعادل حرارتی رسیده است. و دمای تعادل سیستم را اندازه‌گیری و ثبت می‌کنیم.

حال طبق قانون پایستگی انرژی داریم :

$$Q_{\text{Hot}} = Q_{\text{Cold}} + Q_{\text{cal}} \Rightarrow \begin{cases} Q_{\text{Hot}} = m_{\text{Hot}} c_{\text{Hot}} (T_{\text{Hot}} - T_f) \\ Q_{\text{Cold}} = m_{\text{Cold}} c_{\text{Cold}} (T_f - T_{\text{Cold}}) \\ Q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{Cold}}) \end{cases}$$

$$Q_{\text{Hot}} = Q_{\text{Cold}} + Q_{\text{cal}} \Rightarrow m_{\text{Hot}} c_{\text{Hot}} (T_{\text{Hot}} - T_f) = m_{\text{Cold}} c_{\text{Cold}} (T_f - T_{\text{Cold}}) + C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{Cold}})$$

$$\Rightarrow C_{\text{cal}} = \frac{m_{\text{Hot}} c_{\text{Hot}} (T_{\text{Hot}} - T_f) - m_{\text{Cold}} c_{\text{Cold}} (T_f - T_{\text{Cold}})}{(T_f - T_{\text{Cold}})}$$

نتایج به دست آمده برای مرحله اول آزمایش ظرفیت گرمایی ویژه

(اندازه‌گیری ظرفیت گرمایی کالریمتر)

کمیت	مقدار اندازه گیری شده (۱)	مقدار اندازه گیری شده (۲)	مقدار اندازه گیری شده (۳)
دمای آب سرد	26 °C	25 °C	26 °C
جرم آب سرد	71 g	80 g	50.4 g
دمای آب داغ	105 °C	101 °C	85 °C
جرم آب داغ	36 g	50 g	65 g
دمای تعادل	49 °C	51 °C	55 °C

حال نتایج بدست آمده را در فرمول مقابل جایگذاری می کنیم و در جدول زیر قرار می دهیم .

$$C_{cal} = \frac{m_{Hot} c_{Hot} (T_f - T_{Cold}) + m_{Cold} c_{Cold} (T_f - T_{Cold})}{(T_f - T_{Cold})}$$

در صد خطای نسبی	خطای مطلق	میانگین ظرفیت گرمایی کالریمتر ($\bar{C}$)	ظرفیت گرمایی کالریمتر (C)
0.66 %	0.11 cal / k	16.54 cal / k	16.65 cal / k
2.35 %	0.39 cal / k	16.54 cal / k	16.15 cal / k
1.81 %	0.30 cal / k	16.54 cal / k	16.85 cal / k

گزارش کار آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی ویژه فلزات

تئوری آزمایش :

هدف این آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی ویژه یک فلز (در اینجا نمونه‌ای از فلز مانند مس) با استفاده از روش اختلاط در کالریمتر است. ظرفیت گرمایی ویژه مقدار گرمایی است که لازم است به واحد جرم یک ماده داده شود تا دمای آن به اندازه یک درجه سلسیوس افزایش یابد. این کمیت یکی از ویژگی‌های مهم مواد در ترمودینامیک است و با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$C = \frac{Q}{m\Delta T}$$

همچنین رابطه اصلی گرما به صورت زیر است:

$$Q = mc\Delta T$$

در این آزمایش از قانون اول ترمودینامیک استفاده می‌شود که بیان می‌کند در یک سیستم ایزوله، مجموع گرماهای مبادله شده صفر است:

$$\sum Q = 0$$

در واقع گرمایی که فلز داغ از دست می‌دهد، توسط آب سرد و کالری‌متر جذب می‌شود تا سیستم به تعادل دمایی برسد.

نکته مهم این است که کالریمتر نیز خود دارای ظرفیت گرمایی است و در محاسبات باید اثر آن در نظر گرفته شود. به همین دلیل از کمیتی به نام ارزش آبی کالریمتر استفاده می‌شود.

روش انجام آزمایش :

در ابتدا جرم اجزای مختلف سیستم اندازه گیری می شود. برای این کار از ترازو استفاده می شود و جرم ظرف (بشر) ابتدا جداگانه اندازه گیری و سپس در محاسبات لحاظ می شود تا خطا کاهش یابد . در فرآیند اندازه گیری جرم ، از ترازو سه اهرم استفاده می شود.

سپس جرم آب سرد داخل کالریمتر اندازه گیری می شود. آب سرد به عنوان یک مرجع گرمایی با ظرفیت گرمایی مشخص ($c_{\text{water}} = 1 \text{ cal / g.k}$) استفاده می شود تا محاسبات ساده تر شوند.

پس از اضافه کردن آب سرد به کالریمتر، اجازه داده می شود سیستم به تعادل دمایی برسد و دمای اولیه آب سرد (و کالری متر) اندازه گیری می شود.

در مرحله بعد، نمونه فلزی (مس) به کمک یک منبع حرارتی مانند بخار آب گرم می شود تا دمای آن به مقدار بالا (تقریباً نزدیک به دمای جوش آب) برسد. دمای فلز در این حالت با دماسنج اندازه گیری می شود، به طوری که دماسنج باید مستقیماً با فلز در تماس باشد و نه دیواره ظرف .

سپس فلز داغ به سرعت داخل کالریمتر حاوی آب سرد انداخته می شود. بلافاصله درب کالریمتر بسته می شود تا از تبادل گرما با محیط جلوگیری شود. در این مرحله فلز شروع به از دست دادن گرما کرده و آب و کالریمتر گرما جذب می کنند.

برای یکنواخت شدن دما ، از همزن داخل کالریمتر استفاده می شود تا تبادل گرما سریع تر انجام شده و سیستم به تعادل برسد.

پس از گذشت مدت زمان مشخص ، دمای تعادل سیستم اندازه گیری و ثبت می شود . این دما همان دمای نهایی مشترک بین فلز، آب و کالریمتر است.

رابطه نهایی برای محاسبه ی ظرفیت نهایی ویژه فلز :

طبق قانون پایستگی انرژی داریم :

$$Q_{\text{metal}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{cal}} \Rightarrow \begin{cases} Q_{\text{metal}} = m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{metal}} - T_f) \\ Q_{\text{water}} = m_{\text{water}} c_{\text{water}} (T_f - T_{\text{water}}) \\ Q_{\text{cal}} = C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{water}}) \end{cases}$$

$$Q_{\text{metal}} = Q_{\text{water}} + Q_{\text{cal}} \Rightarrow m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{metal}} - T_f) = m_{\text{water}} c_{\text{water}} (T_f - T_{\text{water}}) + C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{water}})$$

$$\Rightarrow C_{\text{metal}} = \frac{m_{\text{water}} c_{\text{water}} (T_f - T_{\text{water}}) + C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{water}})}{m_{\text{metal}} (T_{\text{metal}} - T_f)} \quad (5)$$

نتایج به دست آمده برای مرحله دوم آزمایش ظرفیت گرمایی ویژه

(اندازه گیری ظرفیت گرمایی ویژه فلز مس)

کمیت	مقدار اندازه گیری شده (۱)	مقدار اندازه گیری شده (۲)
دمای اولیه آب و کالریمتر	24 °C	24 °C
جرم آب	64 g	52.5 g
دمای اولیه مس	100 °C	98 °C
جرم مس	25.5 g	32 g
دمای تعادل	26 °C	27 °C
میانگین ظرفیت گرمایی کالریمتر (به دست آمده از مرحله قبل)	16.54 cal / k	16.54 cal / k

حال نتایج بدست آمده را در فرمول مقابل جایگذاری می کنیم و در جدول زیر قرار می دهیم .

$$\Rightarrow C_{\text{metal}} = \frac{m_{\text{water}} c_{\text{water}} (T_f - T_{\text{water}}) + C_{\text{cal}} (T_f - T_{\text{water}})}{m_{\text{metal}} (T_{\text{metal}} - T_f)}$$

ظرفیت گرمایی ویژه فلز (C_{metal}) در آزمایشگاه	ظرفیت گرمایی ویژه فلز (C_{metal}) در آزمایشگاه	ظرفیت گرمایی ویژه فلز (C_{metal})	خطای مطلق	در صد خطای نسبی
0.085 cal / g.k	358.52 J / Kg.k	390 J / Kg.k	31.48 J / Kg.k	8.07 %
0.091 cal / g.k	382.88 J / Kg.k	390 J / Kg.k	7.12 J / Kg.k	1.82 %