

اندازه گیری گرما (کالریمتری)

هدف آزمایش

۱. ارزش آبی کالریمتری
۲. گرمای ویژه جامدات
۳. تعیین گرمای نهان ذوب یخ
۴. تعیین گرمای نهان تبخیر آب

وسایل مورد نیاز

کالریمتر ، دستگاه گرم کننده ، ترازوی حساس ، دماسنج ، بشر ، لوله آزمایش ، تکه های فلزی با جنس های مختلف ، دستگاه تولید بخار، آب ، یخ

تئوری آزمایش

گرما نوعی از انرژی است که ملکولها به دلیل حرکتشان دارا می باشند . این نوع انرژی را نمی توان به روش های مستقیم مثل اندازه گیری دما به وسیله ی دماسنج اندازه گرفت . تنها روش اندازه گیری گرما ، تعیین اثر آن بر روی ماده است . یکی از این آثار که روش ساده و معمولی اندازه گیری گرماست ، تعیین اختلاف دمای اجسام است . زیرا با اضافه کردن گرما به اغلب اجسام مشاهده می شود که دمای آنها افزایش می یابد و مقدار افزایش دما متناسب با مقدار گرماست . همچنین وقتی دو جسم سرد و گرم در مجاورت یکدیگر قرار می گیرند آنقدر انرژی گرمایی بین آن دو مبادله می شود تا دمای هر دو مساوی شود . برای تعیین مقدار گرمایی که یک جسم می دهد یا می گیرد باید تغییرات دما (درجه حرارت) را قبل و بعد از گرفتن گرما معین کرد . در ادامه با کمیت های مهمی که در اندازه گیری گرما به کار می روند آشنا می شویم .

(۱) **کالری** : یکی از واحدهای متداول انرژی گرمایی است . یک کالری مقدار گرمایی است که باید به یک گرم آب داد تا دمای آن یک درجه سانتی گراد افزایش یابد .

(۲) **ظرفیت گرمایی** : مقدار گرمایی است که دمای یک جسم را به اندازه واحد دما تغییر می دهد . اگر در اثر انتقال گرمای Q به جسم دمای آن به اندازه ΔT تغییر کند ظرفیت گرمایی آن برابر است با:

$$A = Q / \Delta T \quad (۱)$$

(۳) **گرمای ویژه:** مقدار گرمایی است که دمای واحد جرم یک جسم را به اندازه یک درجه سانتی گراد تغییر می دهد. اگر در اثر انتقال گرمای Q به جسمی به جرم m دمای آن به اندازه ΔT تغییر کند گرمای ویژه آن برابر است:

$$C = Q/m \Delta T \quad (۳)$$

واحد گرمای ویژه $cal/gr^{\circ}C$ است.

از مقایسه رابطه ۱ و ۲ می توان نتیجه گرفت:

$$A = mC \quad (۴)$$

(۴) **گرمای نهان ذوب:** مقدار گرمایی است که واحد جرم جسم جامد در دمای ذوب می گیرد تا بدون تغییر دما به صورت مایع در آید به بیان ریاضی:

$$H_f = Q/m \quad (۵)$$

که در آن Q مقدار گرما، H_f گرمای نهان ذوب و m جرم جسم است. این مقدار گرما برابر مقدار گرمایی است که واحد جرم مایع در نقطه انجماد از دست می دهد تا بدون تغییر دما به صورت جامد در آید.

(۵) **گرمای نهان تبخیر:** مقدار گرمایی است که واحد جرم ماده می گیرد تا از حالت مایع بدون تغییر دما به صورت بخار در آید.

به بیان ریاضی:

$$H_v = Q/m \quad (۶)$$

که در آن Q مقدار گرما، H_v گرمای نهان تبخیر و m جرم جسم است. این مقدار گرما برابر مقدار گرمایی است که واحد جرم ماده در نقطه میعان از دست می دهد تا بدون تغییر دما به صورت مایع در آید.

(۶) **ارزش آبی:** اگر تنها کسری از جرم جسم در تبادل گرما شرکت کند دانستن گرمای ویژه جسم مفید نیست بلکه ظرفیت گرمایی آن قسمت از جسم که در تبادل گرما شرکت می کند اهمیت دارد. این مقدار را ارزش آبی جسم می گویند و با W نشان می دهند. W معرف آن است که عمل جسم در تبادل گرما معادل W گرم آب است.

در تمام روابط بالا جرم برحسب گرم ، دما بر حسب درجه سانتی گراد و گرما برحسب کالری سنجیده می شود . گرمای ویژه آب یک کالری بر گرم بر درجه سانتی گراد است .

روش اندازه گیری مقادیر فوق را کالریمتری می گویند . در این روش دو یا چند ماده مختلف با دماهای متفاوت را در ظرفی که از محیط ایزوله شده باشد (با محیط تبادل گرما نکند) مخلوط می کنیم . در نتیجه این عمل گرما از اجسام گرم به اجسام سرد منتقل می شود و نهایتاً تمام اجسام دمای یکسانی را کسب می کنند . این دما ، دمای تعادل نامیده می شود . بر اساس قانون اول ترمودینامیک گرمای از دست داده شده به وسیله اجسام گرم برابر با گرمای گرفته شده توسط اجسام سرد است . به عبارت دیگر ، مجموع گرمای گرفته شده توسط تمام اجسام صفر است . یعنی:

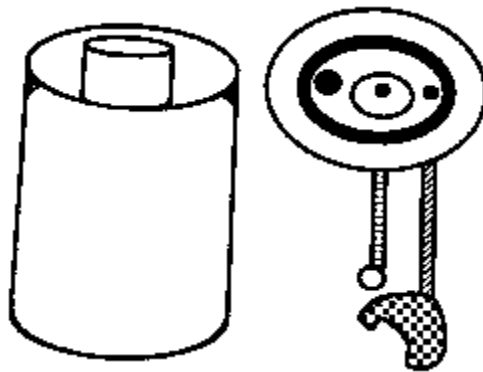
$$Q_{tot} = 0 \quad (6)$$

اگر جسمی گرما از دست بدهد علامت جبری گرمای مربوط به آن در رابطه بالا منفی است . از آنجا که عمل انتقال گرما با آب به سهولت انجام می گیرد ، معمولاً در اندازه گیری گرما و مشخصات حرارتی مواد ، آنها را با آب مخلوط می کنند . همانطور که ذکر شد این عمل باید در ظرفی انجام گیرد که با محیط تبادل گرمایی نداشته باشد . این ظرف را کالیمتر می گویند . در این صورت در کاربرد رابطه ۴ باید گرمای داده شده و یا گرفته شده توسط کالریمتر نیز در نظر گرفته شود . برای این منظور باید ابتدا با یک آزمایش ابتدایی ، ارزش آبی کالریمتر را تعیین نمود .

وسایل آزمایش

(۱) کالریمتر

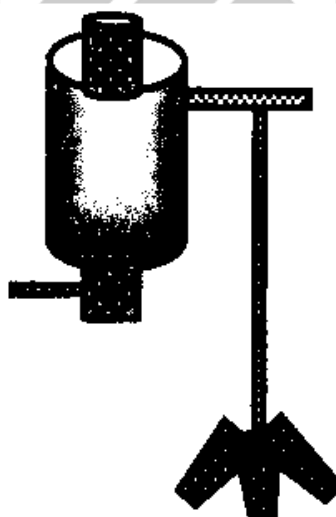
کالریمتر آزمایشگاه که در شکل نشان داده شده است ، ظرف شیشه ای جیوه اندود دو جداره ای است که تبادل گرمایی آن با محیط بیرون بسیار اندک است . درپوش کالریمتر بوسیله دو گیره که در طرفین آن است به پایه محکم می شود . بهم زن که در روی درپوش نصب شده دارای یک توری برنزی است که محل قرار دادن اجسام جامد است و با حرکت بالا و پایین آن می توان مجموعه را سریعتر به حالت تعادل رساند . روی درپوش کالریمتر چوب پنبه سوراخ داری قرار دارد که محل قرار دادن دماسنج است .



شکل ۱

۲) دستگاه گرم کننده جامدات

این دستگاه برای گرم کردن مواد جامد تا دمای جوش آب بدون تماس با آب یا بخار به کار برده می شود . لزوم استفاده از این وسیله آن است که گرمای ویژه آب نسبتاً زیاد است و در نتیجه گرمای انتقال داده شده توسط رطوبت جسم جامد در اندازه گیری دقیق گرمای ویژه جسم اثر منفی می گذارد . این دستگاه شامل یک ظرف استوانه ای است که در داخل یک غلاف استوانه ای قرار دارد . غلاف که محفظه گرم کننده ظرف داخلی است به دو لوله متصل می شود . از لوله بالایی بخار آب وارد شده و از لوله پایینی خارج می گردد . ظرف داخلی محل قرار گرفتن اجسام جامد است . در استفاده از این وسیله ، جسم جامد باید ریز شده باشد . با فروبردن یک دماسنج درون قطعات جامد میتوان از رسیدن دمای آن به دمای جوش آب اطمینان حاصل کرد .



شکل ۲

روش آزمایش

۱. تعیین ارزش آبی کالریمتر

ابتدا جرم مجموعه ی کالریمتر و متعلقات مربوط به آن (دماسنج ، بهم زن و ...) m_1 را اندازه بگیرید . سپس در حدود ۱۵۰ گرم آب مقطر در داخل آن ریخته و و بار دیگر جرم مجموعه (m_2) را اندازه بگیرید . به این ترتیب جرم آب سرد داخل کالریمتر (m_c) را تعیین کنید . آب داخل کالریمتر را با بهم زن چندین بار بهم زده و بعد از مدت زمان کافی دمای تعادل (T_c) را از روی دماسنج بخوانید . تمام مقادیر اندازه گیری شده (m_1, m_2, m_c, T_c) را در جدول ۱ گزارش کار یادداشت نمایید . سپس در حدود ۱۰۰ گرم آب را حرارت دهید تا به جوش بیاید . آب جوش با دمای T را به کالریمتر اضافه کنید . دقت کنید که آب بر روی جدار کالریمتر و دماسنج ریخته نشود . دوباره مجموعه کالریمتر و متعلقات مربوط به آن (m_3) را وزن کنید . به این ترتیب جرم آب جوش داخل کالریمتر (m_H) را تعیین کنید . پس از بهم زدن آب داخل کالریمتر دمای آن را دقیقه به دقیقه یادداشت کنید تا به دمای تعادل (T_f) برسد . مقادیر به دست آمده را در جدول ۱ گزارش کار یادداشت نمایید . همین عمل را یک بار دیگر با مقادیر مختلف آب سرد و گرم تکرار نمایید . مقادیر را در جدول ۱ یادداشت نمایید . در آزمایش بهتر است دمای اولیه و نهایی تفاوت زیادی با دمای محیط نداشته باشد.

مرتب	$m_1(gram)$	$m_2(gram)$	$m_c(gram)$	$T_c(^{\circ}C)$	$m_3(gram)$	$m_H(gram)$	$T_H(^{\circ}C)$	$T_f(^{\circ}C)$	$w(cal/gr^{\circ}C)$	$\bar{w}$
۱										
۲										

جدول ۱

در این حالت بنابر بقای انرژی گرمایی داریم:

$$(m_c C_w + w)(T_f - T_c) + m_H C_w (T_f - T_H) = 0 \quad (7)$$

که در آن m_c جرم آب سرد ، m_H جرم آب گرم و T_H دمای آب گرم ، T_c دمای تعادل اولیه ی آب سرد و کالریمتر ، T_f دمای تعادل نهایی کالریمتر با آب سرد و آب گرم ، C_w گرمای ویژه آب و w ارزش آبی کالریمتر است . $(C_w = 1 cal/gr^{\circ}C)$ است .

۲. تعیین گرمای ویژه جامدات

تکه های ریز جسم جامد را درون دستگاه گرم کننده جامدات بریزید . لوله فوقانی غلاف را به ظرف تهیه بخار وصل کنید و لوله دیگر را درون بشر محتوی آب سرد قرار دهید . جریان بخار را ایجاد کنید . بیش از ۱۰ دقیقه

صبر کنید تا تکه های جسم جامد به دمای جوش آب برسند . با فرو بردن دماسنج به داخل تکه ها می توانید دمای آنها (T_H) را اندازه گیری کنید .

جرم کالریمتر (m_1) را اندازه بگیرید . در حدود ۱۵۰ گرم آب داخل آن بریزید و دمای تعادل اولیه بین آب و کالریمتر (T_w) و جرم جدید کالریمتر (m_2) را اندازه بگیرید . به این ترتیب جرم آب داخل کالریمتر (m_w) را تعیین کنید . سپس در پوش کالریمتر را بردارید و به سرعت تکه های جسم جامد را درون آن بریزید و بلافاصله در پوش را روی آن نصب کنید . با هم زن مرتباً محتویات کالریمتر را بهم زده و دمای آن را دقیقه به دقیقه یادداشت کنید تا به دمای تعادل (T_f) برسد . جرم جدید کالریمتر (m_3) را اندازه بگیرید و به این ترتیب جرم تکه های جسم جامد (m) را تعیین کنید . مقادیر را در جدول ۲ گزارش کار یادداشت کنید . همین آزمایش را برای اجسام جامد دیگر تکرار کرده و در جدول ۲ گزارش کار بنویسید .

در این حالت گرمای ویژه جسم مجهول از رابطه زیر به دست می آید :

$$mC(T_f - T_H) + (m_w C_w + w)(T_f - T_w) = 0 \quad (۸)$$

که در آن m جرم جسم جامد ، m_w جرم آب ، T_H دمای اولیه جسم داغ ، T_w دمای تعادل اولیه کالریمتر با آب ، T_f دمای تعادل نهایی ، w ارزش آبی کالریمتر ، C_w گرمای ویژه آب و C گرمای ویژه جسم جامد است .

ماده	$m_1 (gr)$	$m_2 (gr)$	$m_w (gr)$	$T_w (°C)$	$T_H (°C)$	$m_3 (gr)$	$m (gr)$	$T_f (°C)$	w	C	$\bar{C}$
۱											
۲											
۳											

جدول ۲

۳. تعیین گرمای نهان ذوب

درون کالریمتر در حدود ۲۰۰ گرم آب با دمای کمی بیشتر از دمای محیط (در حدود ۱۰ درجه بیشتر) بریزید . به روشی که گفته شد جرم آب (m_w) و دمای آن (T_w) را اندازه گیری کنید . سپس در حدود ۵۰ گرم یخ در حال ذوب در کالریمتر بریزید . پس از حصول تعادل دمای آن (T_f) را تعیین کنید . با توزین مجدد کالریمتر = اتر جرم یخ (m_i) را تعیین کنید . مقادیر را در جدول ۳ یادداشت نمایید .

H_f	C	w	T_f	$T_0 = 0$	m_i	m_3	T_w	m_w	m_2	m_1

جدول ۳

با استفاده از قانون بقای انرژی گرمایی گرمای نهان ذوب یخ از رابطه زیر به دست می آید:

$$m_i H_f + m_i C_w (T_f - T_0) + (m_w C_w + w)(T_f - T_w) = 0 \quad (9)$$

که در آن m_i جرم یخ، m_w جرم آب داخل کالریمتر، $T_0 = 0$ دمای ذوب یخ، T_w دمای تعادل اولیه آب و کالریمتر، T_f دمای تعادل نهایی، w ارزش آبی کالریمتر، C_w گرمای ویژه آب که برابر ۱ است و H_f گرمای نهان ذوب یخ است.

۴. تعیین گرمای نهان تبخیر

درون کالریمتر در حدود نصف ظرفیت آن آب با دمای ۱۰ الی ۱۵ درجه کمتر از دمای محیط بریزید. به روشی که قبلاً گفته شد جرم آب سرد (m_w) و دمای آن (T_w) را اندازه بگیرید. دستگاه سازنده بخار را به وسیله لوله به خشک کن بخار متصل کنید و لوله دیگر متصل به خشک کن را درون کالریمتر قرار دهید. به شکل ۲ مراجعه کنید. قبل از این کار دماسنج را خارج کنید. پس از ورود چند گرم بخار آب به کالریمتر جریان ورود بخار را قطع کنید. با توزین مجدد کالریمتر، جرم بخار آب (m_v) را اندازه گیری کنید. پس از برقراری تعادل گرمایی دمای تعادل (T_f) را اندازه گیری کنید. مقادیر را در جدول ۴ یادداشت نمایید.

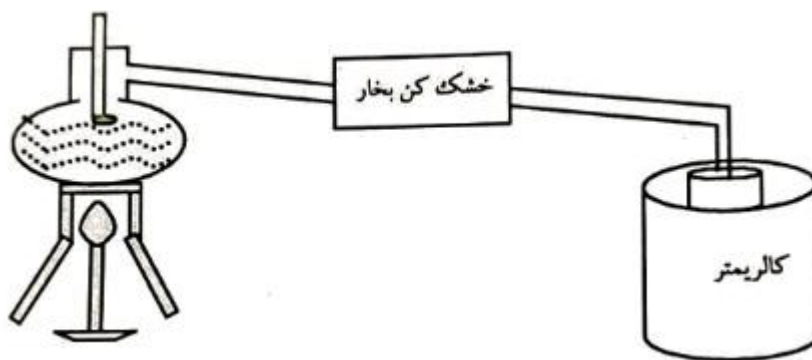
H_v	C_w	w	T_f	T_v	m_v	m_3	T_w	m_w	m_2	m_1

جدول ۴

با استفاده از قانون بقای انرژی گرمایی گرمای نهان تبخیر آب از رابطه زیر به دست می آید:

$$(m_w C_w + w)(T_f - T_w) - m_v H_v + m_v C_w (T_f - T_v) = 0 \quad (10)$$

که در آن m_v جرم بخار آب، m_w جرم آب داخل کالریمتر، T_v دمای جوش آب، T_w دمای تعادل اولیه آب و کالریمتر، T_f دمای تعادل نهایی، w ارزش آبی کالریمتر، C_w گرمای ویژه آب و H_v گرمای نهان تبخیر آب است.



شکل ۳

محاسبات ، بررسی نتایج و پرسشها

- (۱) با استفاده از مقادیر به دست آمده در جدول ۱ و رابطه ۷ ارزش آبی کالریمتر را در دو حالت تعیین کنید .
- (۲) میانگین دو مقدار را محاسبه کنید و در محاسبات بعدی میانگین دو مقدار را به عنوان ارزش آبی کالریمتر به کار برید .
- (۳) در آزمایش ۲ گرمای ویژه جامدات ۱ و ۲ و ۳ را تعیین کنید .
- (۴) با استفاده از مقادیر به دست آمده در آزمایش ۳ گرمای نهان ذوب یخ را با ذکر واحد تعیین کنید .
- (۵) اگر مقدار واقعی گرمای نهان ذوب یخ ۸۰ کالری بر گرم باشد درصد خطای آزمایش را حساب کنید .
- (۶) علل خطای آزمایش را بنویسید ؟
- (۷) اگر یخ خشک نشده را داخل کالریمتر بیندازیم چه تأثیری در اندازه گیری گرمای نهان ذوب یخ خواهد داشت ؟
- (۸) با استفاده از مقادیر به دست آمده در آزمایش ۴ گرمای نهان تبخیر آب را با ذکر واحد تعیین کنید .
- (۹) در آزمایش ۲ چرا لازم است قبل از ورود بخار به کالریمتر آن را خشک کنیم ؟
- (۱۰) علل خطای آزمایش را بنویسید .
- (۱۱) دلیل به کار بردن آب مقطر به جای آب معمولی را توضیح دهید .
- (۱۲) چرا از آب در بیشتر آزمایشهای مربوط به تعادل گرمایی استفاده می شود ؟