عنوان آزمایش:

تعیین ظرفیت گرمایی جامدات

هدف آزمایش:

۱- مخلوط کردن آب با گلوله‌های سربی و شیشه‌ای و اندازه‌گیری دمای مخلوط

۲- تعیین ظرفیت گرمایی ویژه سرب و شیشه

وسایل موردنیاز آزمایش:

۱- گرماسنج (کالریمتر)

۲- دستگاه گرمکن (هیتر) یا تجهیزات گرمایش با بخار

۳- ترازو

۴- دماسنج

۵- بشر

۶- دستکش محافظ حرارتی

۷- گلوله سربی و شیشه‌ای

تئوری آزمایش:

کمیت گرما ΔQ که هنگام گرمایش یا سرمایش به‌ترتیب به‌وسیله یک سامانه جذب یا آزاد می‌شود متناسب با تغییر دما $\Delta\theta$ و جرم m است:

$$\Delta Q = mc\Delta\theta \qquad (۱)$$

فاکتور تناسب، c، ظرفیت گرمایی ویژه جسم، کمیتی وابسته به جنس ماده است. در این آزمایش، ظرفیت گرمایی ویژه مواد مختلف، که به‌صورت گلوله هستند، تعیین می‌شود. گلوله‌های وزن شده می‌توانند به‌وسیله غوطه‌ور کردن گلوله‌ها در آب در حال جوش تا دمای θ_1 گرم شوند (این عمل می‌تواند به‌وسیله بخار با استفاده از دستگاه مخصوص انجام شود). بهتر است به‌منظور دستیابی به نتایج بهتر آب را تا زمانی‌که به نقطه جوش برسد گرم کنید تا از هم‌دما شدن گلوله‌ها و آب مطمئن شوید. سپس، این گلوله‌ها به داخل آبی که از قبل

وزن‌شده و دمای آن، θ_2، اندازه‌گیری شده‌است، ریخته می‌شود. پس از آن‌که مخلوط به خوبی هم‌زده می‌شود، گلوله‌ها و آب به‌واسطه تبادل گرمایی به دمای تعادل θ_m خواهند رسید.

مقدار گرمایی که به‌وسیله گلوله‌ها آزاد می‌شوند، برابر

$$\Delta Q_1 = m_1 c_1 (\theta_1 - \theta_m) \quad (۲)$$

m=جرم گلوله‌ها

c_1=ظرفیت گرمایی ویژه گلوله‌ها

است. مقدار گرمایی که به‌وسیله آب جذب می‌شود، برابر:

$$\Delta Q_2 = m_2 c_w (\theta_m - \theta_2) \quad (۳)$$

m=جرم آب

c_1=ظرفیت گرمایی ویژه آب (که معلوم در نظر گرفته می‌شود)

است. θ_1 دمای آب در حال جوش (یا دمای بخار آب (در صورت استفاده از دستگاه بخار)) است.

از آنجایی‌که گرماسنج نیز بخشی از گرمای گلوله‌ها را جذب می‌کند، مقدار گرمای جذب‌شده به‌وسیله گرماسنج نیز باید به‌شمار آید. ΔQ_2، گرمای جذب‌شده به‌وسیله گرماسنج طبق رابطه (۴) به‌دست می‌آید:

$$\Delta Q_3 = A(\theta_m - \theta_2) \quad (۴)$$

A=ظرفیت گرمایی گرماسنج

از آنجایی‌که طبق قانون بقای انرژی، انرژی جذب‌شده برابر انرژی آزاد شده‌است، چنین داریم:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2 + \Delta Q_3 \quad (۵)$$

$$m_1 c_1 (\theta_1 - \theta_m) = m_2 c_w (\theta_m - \theta_2) + A(\theta_m - \theta_2)$$

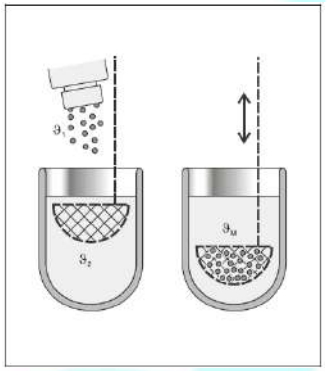
$$m_1 c_1 (\theta_1 - \theta_m) = (m_2 c_w + A)(\theta_m - \theta_2)$$

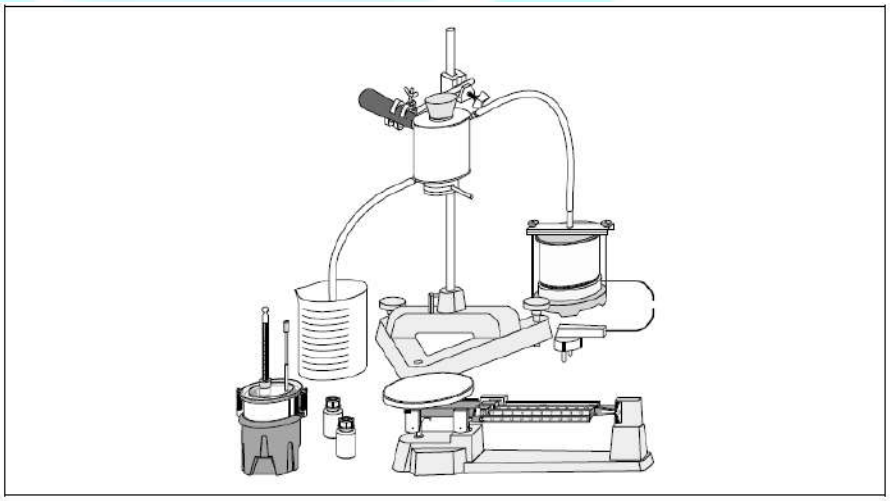
بنابراین با استفاده از کمیات اندازه‌گیری‌شده θ_1، θ_2، θ_m، m_1 و m_2 و کمیات مشخص A و c_w و با استفاده از رابطه (۶) مقدار ظرفیت گرمایی ویژه، c_1، محاسبه می‌شود:

$$c_1 = \frac{(m_2 c_w + A)(\theta_m - \theta_2)}{m_1(\theta_1 - \theta_m)} \qquad (۶)$$

روش انجام آزمایش:

چیدمان آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده‌است.





شکل (۱): طرحواره‌ای از یک نمونه چیدمان آزمایش

۱- آب را روی گرمکن به‌جوش آورید.

۲- حدود ۷۰ گرم از گلوله‌های شیشه‌ای را وزن کرده و درون آب قرار دهید، وقتی آب به جوش آمد، حدود ۵ دقیقه زمان دهید تا هم‌دما شود.

۳- در این بازه زمانی گرماسنج را وزن کرده و آن را با حدود ۱۵۰ گرم آب پر کنید.

۴- درپوش گرماسنج را روی آن قرار دهید و حدود ۵ دقیقه صبر کنید تا آب و گرماسنج هم‌دما شوند. حسگر دما را از دریچه مخصوص داخل کنید. دمای θ_2 را اندازه‌گیری کنید.

۵- درپوش گرماسنج را برداشته و توری نمونه را از آن خارج کنید. گلوله‌ها را از آب در حال جوش (که دمای آن را اندازه‌گیری کرده‌اید) خارج کنید و در توری نمونه قرار دهید. توری نمونه را در محل خود قرار داده و درپوش گرماسنج را بگذارید.

۶- به آرامی مخلوط را هم بزنید تا آب و گلوله‌ها با یکدیگر هم‌دما شوند، دمای نهایی، θ_m، را اندازه‌گیری کنید.

۷- مجدداً گرماسنج حاوی آب و گلوله‌ها را وزن کنید تا از مقدار وزن گلوله‌ها اطمینان حاصل کنید.

۸- جدول (۱) را تکمیل کنید.

جدول (۱): اطلاعات آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی جامدات (گلوله‌های شیشه‌ای)

$\theta_1\left(^oC\right)$ دمای اولیه گلوله‌های شیشه‌ای	$\theta_2\left(^oC\right)$ دمای اولیه آب سرد	$\theta_m\left(^oC\right)$ دمای تعادل	$m_1\left(kg\right)$ جرم گلوله‌های شیشه‌ای	$m_2\left(kg\right)$ جرم آب سرد	$A\left(\frac{J}{K}\right)$	$c_w\left(\frac{J}{K.kg}\right)$	$c_1\left(\frac{J}{K.kg}\right)$
					۱۰۰	۴۱۹۰	

۹- آزمایش را برای گلوله‌های سربی تکرار کنید. جدول (۲) را تکمیل کنید.

جدول (۲): اطلاعات آزمایش تعیین ظرفیت گرمایی جامدات (گلوله‌های سربی)

$\theta_1\left(^oC\right)$ دمای اولیه گلوله‌های سربی	$\theta_2\left(^oC\right)$ دمای اولیه آب سرد	$\theta_m\left(^oC\right)$ دمای تعادل	$m_1\left(kg\right)$ جرم گلوله‌های سربی	$m_2\left(kg\right)$ جرم آب سرد	$A\left(\frac{J}{K}\right)$	$c_w\left(\frac{J}{K.kg}\right)$	$c_1\left(\frac{J}{K.kg}\right)$
					۱۰۰	۴۱۹۰	

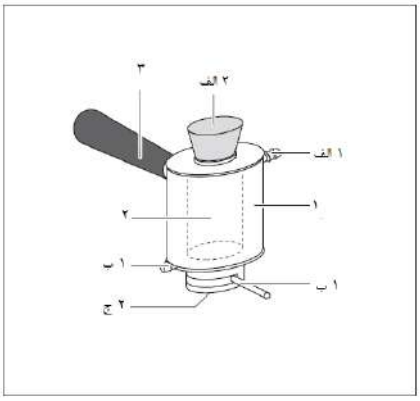
خواسته‌های آزمایش:

۱- خطای دیفرانسیلی ظرفیت گرمایی ویژه شیشه و سرب را محاسبه کنید.

۲- با توجه به ظرفیت گرمایی ویژه سرب ($۱۲۹٫۵\frac{J}{K.kg}$) و شیشه ($۷۴۶\frac{J}{K.kg}$)، خطای نسبی ظرفیت گرمایی ویژه شیشه و سرب را محاسبه کنید.

نکات تکمیلی:

درصورتی‌که تجهیزات گرمایش شکل (۲) موجود باشد، با استفاده از گرمایش به‌وسیله بخار می‌توان گلوله‌ها را گرم نمایید.



۱- محفظه بخار، ۱ الف- ورودی بخار،

۱ ب- خروجی بخار، ۲- محفظه نمونه،

۲ الف- درپوش پرکننده دریچه،

۲ ب- پوشش مفصل گرداننده،

۲ ج- دریچه خروجی،۳- دسته

شکل(۲): تصویری از تجهیزات گرمایش با بخار

این ابزار شامل بخش‌های زیر است:

۱- محفظه گرمایش، ۲- محفظه نمونه، دسته

که در محفظه گرمایش ورودی و خروجی بخار وجود دارد و به‌واسطه عبور بخار از اطراف محفظه نمونه، دمای نمونه با دمای بخار در حالت تعادل با آب، ۱۰۰ درجه سلسیوس، برابر خواهد شد. در این روش خطر سوختن با بخار وجود دارد و نیاز به توجه ویژه است. چیدمان مرتبط در شکل (۱) نمایش داده شده‌است.

دانشگاه علم و صنعت ایران