

گزارش کار آزمایشگاه فیزیک حرارت

بدست آوردن ظرفیت گرمایی ویژه

بدست آوردن ارزش آبی گرماسنج (کالریمتر) و ظرفیت گرمایی ویژه ی یک فلز مجهول

به نام خدا

تئوری آزمایش

ظرفیت گرمایی ویژه‌ی یک جسم، مقدار گرمایی است که واحد جرم از جسمی می‌گیرد، تا دمایش یک واحد دما تغییر کند.

می‌دانیم اگر دو یا چند جسم با دمای گوناگون را در کنار هم قرار دهیم، گرما از جسم با دمای بالاتر، به جسم با دمای پایین‌تر انتقال می‌یابد؛ تا جایی که دمای دو جسم یکسان شود؛ که این دما را، «دمای تعادل» می‌نامند. اما، گرمایی که یک جسم دادوستد می‌کند، از رابطه‌ی $Q=mc\Delta t$ بدست می‌آید؛ که در آن، Q ، گرمای دادوستدشده‌ی جسم، m ، جرم جسم، c ، گرمای ویژه‌ی جسم و Δt ، تغییر دمای جسم است. از طرفی، از گفته‌ی بالا می‌توان فهمید، در دو جسم که با هم به تعادل گرمایی رسیده‌اند، مقدار گرمایی که یکی از دست می‌دهد، برابر مقدار گرمایی است که دیگری می‌گیرد؛ یعنی، $Q_1=Q_2$ ؛ به بیانی دیگر، $m_1c_1\Delta t_1=m_2c_2\Delta t_2$. براین اساس، می‌توان گرمای ویژه‌ی یک فلز (جسم) مجهول را بدست آورد.

شرح آزمایش

برای اجرای این آزمایش، از دستگاهی به نام «گرماسنج» لیوانی بهره می‌بریم. این گرماسنج از یک دماسنج (برای اندازه‌گیری دمای سامانه) و یک همزن (جهت تندتر رسیدن سامانه به تعادل) تشکیل یافته‌است. دیواره‌ی این دستگاه نیز، برای ایزوله شدن سامانه، دولایه می‌باشد.

اگر دستگاه گرماسنج را (با همه اجزا) به عنوان یک جسم واحد و فلز مجهول را نیز به عنوان جسم دیگر بدانیم، هر کدام از این دو جسم دارای یک گرمای ویژه است و هنگامی که این دو در کنار هم قرار می‌گیرند، با دادوستد گرما، به تعادل می‌رسند؛ پس طبق گفتار بالا، با آشکار بودن گرماسنج m ، گرماسنج c ، گرماسنج Δt ، فلز m و فلز Δt ، می‌توان گرمای ویژه‌ی فلز را بدست آورد.

در این جا مقدار گرماسنج $\times c$ گرماسنج m را ارزش گرمایی این گرماسنج می‌نامیم؛ اما، در این آزمایش، مقدار A آشکار نیست؛ بنابراین، آزمایش را در دو بخش اجرا می‌کنیم؛ که در بخش اول، A و در بخش دوم فلز c را بدست می‌آوریم.

● بخش اول: بدست آوردن ارزش آبی گرماسنج

در آغاز، جرم گرماسنج خالی از آب را که کاملاً خشک است، (برای جلوگیری از بروز خطا در اندازه‌گیری جرم آن)، بدست می‌آوریم و این مقدار را M_1 می‌نامیم. سپس، مقداری آب سرد (با دمای دلخواه) به درون

گرماسنج می‌ریزیم؛ آنگاه، جرم گرماسنج شامل آب را اندازه‌گیری می‌کنیم و آن را M_2 می‌نامیم. اکنون، اگر جرم آب سردی را که به درون گرماسنج ریخته‌ایم، M بنامیم، روشن است که $M = M_2 - M_1$.

حال اندکی صبر می‌کنیم تا آب سرد و گرماسنج به تعادل برسند. برای تندرکردن این روند، می‌توانیم از همزن بهره‌بریم. هنگامی که آب سرد و گرماسنج به تعادل رسیدند، دمای تعادل آنها را به کمک دماسنج گرماسنج اندازه‌میگیریم و آن را θ_1 می‌نامیم. (حالت ۱)

هم‌زمان با این کارها، مقداری آب را گرما می‌دهیم تا به جوش آید؛ سپس، (از آنجایی که دمای جوش بسته به بلندی مکان متفاوت است)، دمای جوش آب را با دستگاه اندازه‌گیری کرده و آن را θ_B می‌نامیم. هم‌اکنون، مقداری از آب جوش را، به گرماسنج محتوی آب سرد می‌افزاییم. در این حالت، اگر جرم کل گرماسنج و محتویاتش (گرماسنج + آب سرد + آب جوش) را M_3 و جرم آب جوش افزوده‌شده را m بنامیم، خواهیم داشت $m = M_3 - M_2$. اندکی صبر می‌کنیم تا این مجموعه به تعادل برسد. اکنون دمای تعادل آن را اندازه‌گرفته، θ_F می‌نامیم؛ (حالت ۲) سپس، (طبق گفته‌های تئوری) خواهیم داشت:

$$Q_{\text{حالت دوم}} = Q_{\text{حالت اول}} \rightarrow (M_{\text{آب سرد}} c_{\text{آب}} + m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots)(\theta_F - \theta_1) = m_{\text{آب جوش}} c_{\text{آب}} (\theta_B - \theta_F)$$

$$\underbrace{(M_{\text{آب سرد}} c_{\text{آب}} + m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots)}_A (\theta_F - \theta_1) = m_{\text{آب جوش}} c_{\text{آب}} (\theta_B - \theta_F) \quad \text{رابطه‌ی ۱}$$

در این رابطه، جسم‌هایی با جرم $m_1, m_2, \dots, m_n$ همه‌ی اجزای گرماسنج هستند؛ که ما به جای آنها A قرار داده‌ایم. مقدار A را «ارزش آبی» گرماسنج می‌نامند و این مقدار برای این گرماسنج همواره ثابت است.

● بخش دوم: بدست آوردن گرمای ویژه فلز مجهول

برای بدست آوردن گرمای ویژه‌ی یک فلز مجهول، تنها کافی است در آزمایش بالا و در همان گرماسنج (با همان ارزش آبی)، به جای آب جوشیده، فلزمان را قرار دهیم. با توجه به گفته‌های بالا در این صورت، آب و گرماسنج را با دمای θ_1 و فلز را با دمای θ_B خواهیم داشت؛ که این دو با هم در دمای θ_F به تعادل گرمایی خواهند رسید؛ در این صورت با توجه به گفته‌های پیشین خواهیم داشت:

$$Q_{\text{فلز}} = Q_{\text{آب سرد}} + Q_{\text{گرماسنج}} \rightarrow (M_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + A)(\theta_F - \theta_1) = m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}} (\theta_B - \theta_F) \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

$$\rightarrow c = \frac{(M c_{\text{آب}} + A)(q_f - q_1)}{m(q_B - q_F)}$$

برای رساندن فلز به دمای دلخواه θ_B ، برای نمونه، می‌توانیم آن را در درون آب جوش قرار دهیم تا به دمای آب جوش برسد و سپس این دما را اندازه‌گیری کنیم.

نکته‌ها

○ برای اندازه‌گیری دمای آب جوش بر روی شعله، probe دماسنج نباید به کف ظرف (بشر) برخورد کند.

○ برای اندازه‌گیری دمای درون گرماسنج، نباید از probe بهره‌برد؛ چرا که دچار خطا می‌شویم.

- برای اندازه‌گیری دمای فلز، که درون ظرف آب جوش است، باید probe را بر روی فلز بچسبانیم.
- شایسته توجه است که A بدست‌آمده فقط مختص این گرماسنج است و برای گرماسنج‌های گوناگون، مقدارهای گوناگون A بدست می‌آید.
- برای اندازه‌گیری هر مورد از دماها، باید صبر کنیم تا جسم‌ها به تعادل گرمایی برسند.

داده‌ها و محاسبات

● بخش اول:

مقدار	توضیح	دما °C	مقدار	توضیح	جرم g
			۳۶۰	جرم گرماسنج	M_1
۲۷	دمای تعادل آب سرد و گرماسنج	θ_1	۶۱۵/۲	جرم آب سرد + گرماسنج	M_2
۴۶/۵	دمای تعادل نهایی (گرماسنج+آب سرد+آب جوش)	θ_F	۷۴۷/۰	جرم کل (گرماسنج+آب سرد+آب جوش)	M_3
			۲۵۵/۰	$M_2 - M_1$ = جرم آب سرد	M
۹۷/۵	دمای آب جوش	θ_B	۱۳۱/۸	$M_3 - M_2$ = جرم آب جوش	m

حال این مقادیر را در رابطه‌ی ۱ قرار می‌دهیم و از آنجا داریم $((c = 1 \text{ cal.g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}))$:

$$A = \frac{mc(q_B - q_f)}{q_f - q_1} - Mc \rightarrow A = 131/8 \times 1 \times 51 \div 19/5 - 255/0 \times 1 = 89/707 \text{ cal.}^\circ\text{C}^{-1}$$

● بخش دوم:

مقدار	توضیح	دما °C	مقدار	توضیح	جرم g
			۳۶۰	جرم گرماسنج	M_1
۲۶	دمای تعادل آب سرد و گرماسنج	θ_1	۶۵۴/۶	جرم آب سرد + گرماسنج	M_2
۳۱/۰	دمای تعادل نهایی (گرماسنج+آب سرد+فلز)	θ_F	۹۰۴/۷	جرم کل (گرماسنج+آب سرد+فلز)	M_3
			۲۹۴/۶	$M_2 - M_1$ = جرم آب سرد	M
۹۸/۲	دمای فلز	θ_B	۲۵۰/۲	$M_3 - M_2$ = جرم فلز	m'

اکنون با جایگذاری این داده‌ها در رابطه‌ی ۲ داریم:

$$c = \frac{(Mc_{\text{آب}} + A)(q_f - q_1)}{m'(q_B - q_F)} \rightarrow c = (294/6 \times 1 + 89/707)(31/0 - 26) \div [(250/2)(98/2 - 31/0)] = 0/1142 \text{ cal.g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

هم اکنون با بررسی این پاسخ، با جدول گرمای ویژه‌ی مواد، می‌توان نوع فلز مجهول را آشکار کرد.

پایان