

گزارش کار آزمایشگاه فیزیک حرارت

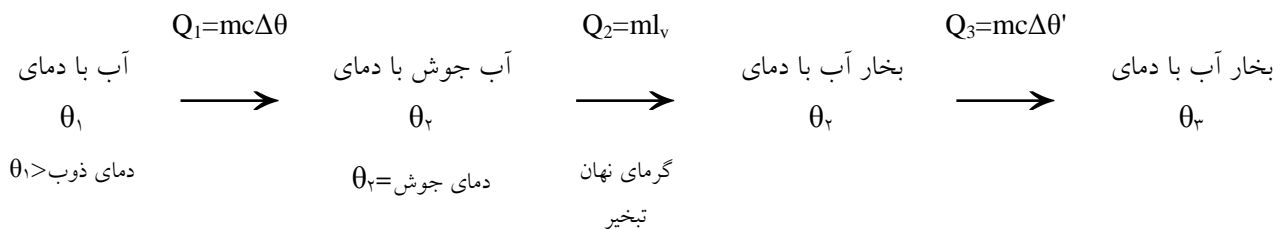
اندازه‌گیری گرمای نهان تبخیر آب

اندازه‌گیری گرمای نهان تبخیر آب با بهره‌گیری از گرماسنج

به نام خدا

تئوری آزمایش

همان‌گونه که می‌دانیم، دمای آب، هنگام جوشیدن (در فشار ثابت)، تغییر نمی‌کند و ثابت است. در این حالت، اگر گرمای داده‌شده به آب را زیاد کنیم، تنها شدت و سرعت جوشیدن بیشتر می‌شود و دمای آن همچنان ثابت می‌ماند. این گرمای داده‌شده، در واقع، صرف شکستن پیوندهای هیدروژنی آب می‌شود. مقدار این گرما برابر ml_v است. در اینجا هدف ما بدست آوردن مقدار l_v است؛ که آن را «گرمای نهان تبخیر» می‌نامیم. پس گرمای نهان تبخیر، مقدار گرمایی است که واحد جرم مایع در حال جوشی، از ما می‌گیرد، تا به طور کامل به بخار تبدیل شود. بنابراین گفته‌های بالا، اگر بخواهیم مقداری آب، به جرم m با دمای θ_1 را، به بخار آب با دمای θ_2 برسانیم، نمودار گرمای داده‌شده به آن، بدین روی است:



عکس گفته‌های بالا نیز درست است؛ یعنی، در یک فرآیند میعان، هنگامی که بخار به مایع تبدیل می‌شود، تا قبل از اینکه تمام بخار به مایع تبدیل نشود، دما همچنان ثابت می‌ماند و مقدار ml_v گرفته‌شده را از دست می‌دهد.

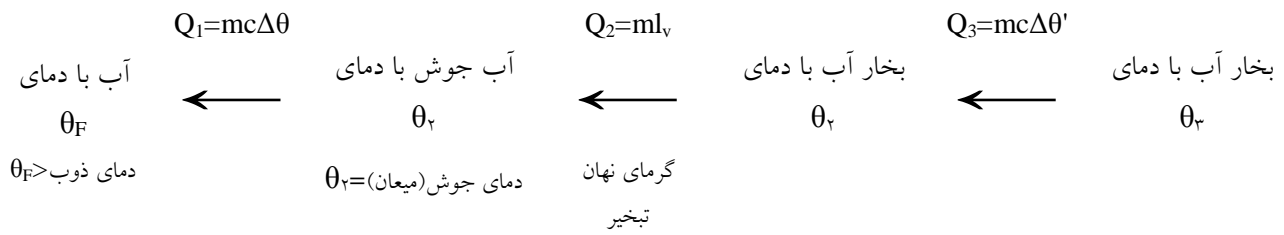
شرح آزمایش

اکنون، طبق گفته‌های بالا، می‌خواهیم گرمای نهان تبخیر آب را بدست آوریم. برای این کار از گرماسنج لیوانی‌ای، که ارزش گرمایی آن را قبلاً بدست آورده‌ایم، بهره می‌بریم. بنابراین، 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 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 تندتر شدن این روند، می‌توانیم از همزن بهره‌بریم. هنگامی که آب سرد و همزن به تعادل رسیدند، دمای تعادل آنها را به کمک دماسنج گرماسنج، اندازه‌می‌گیریم و آن را θ_1 می‌نامیم.

در این هنگام، بخار آب، با دمای θ_2 را وارد این گرماسنج (محتوی آب سرد) می‌کنیم. اکنون، اندکی صبر می‌کنیم، تا گرماسنج و محتویاتش به تعادل برسند و دمای تعادل نهایی را اندازه‌گرفته و آن را θ_3 می‌نامیم. در این فرآیند، ابتدا بخار آب با دمای θ_2 وارد سامانه می‌شود؛ سپس این بخار با از دست دادن گرمای $Q_3=mc(\theta_2-\theta_3)$ ،

به دمای θ_2 (دمای جوش آب) می‌رسد؛ پس از آن تا از دست دادن کامل گرمای نهان تبخیر $Q_2=ml_v$ ، دمای آن ثابت می‌ماند و بعد از آن با از دست دادن گرمای $Q_1=mc(\theta_F-\theta_2)$ ، به دمای تعادل نهایی θ_F می‌رسد:



طبق دانسته‌های پیشینمان درباره‌ی تعادل گرمایی داریم:

$$Q_{\text{بخار آب}} = Q_{\text{گرماسنج+آب سرد}} \rightarrow (M_{\text{آب سرد}}c_{\text{آب}} + m_1c_1 + m_2c_2 + \dots)(\theta_F - \theta_1) = m_{\text{بخار آب}}c_{\text{آب}}[(\theta_2 - \theta_F) + (\theta_2 - \theta_2)] + ml_v$$

$$(M_{\text{آب سرد}}c_{\text{آب}} + A)(\theta_F - \theta_1) = m_{\text{بخار آب}}c_{\text{آب}}(\theta_2 - \theta_F) + ml_v$$

بنابراین داریم:

$$l_v = \frac{(Mc + A)(q_f - q_1) + mc(q_f - q_3)}{m}$$

لازم به گفتن است که برای بدست آوردن جرم بخار وارد شده (m)، کافی است، جرم کل سامانه (M_3) را منهای جرم آب سرد + گرماسنج (M_2) کنیم ($m = M_3 - M_2$).

■ نکته‌ها

- برای اندازه‌گیری دمای بخار، از دماسنج نصب شده بالای آب جوش (داخل بخار) بهره می‌بریم.
- برای اندازه‌گیری دمای درون گرماسنج، نباید از probe بهره‌برد؛ چرا که دچار خطا می‌شویم.
- برای اندازه‌گیری هر مورد از دماها، باید صبر کنیم تا جسم‌ها به تعادل گرمایی برسند.

داده‌ها و محاسبه‌ها

مقدار	توضیح	°C دما	مقدار	توضیح	g جرم
M_1	جرم گرماسنج		۳۴۵/۴		
M_2	جرم آب سرد + گرماسنج	θ_1	۵۱۸/۶	دمای تعادل آب سرد و گرماسنج	۲۵
M_3	جرم کل (گرماسنج+آب سرد+بخار)	θ_F	۵۴۷/۴	دمای تعادل نهایی (گرماسنج+آب سرد+بخار)	۸۵
M	جرم آب سرد = $M_2 - M_1$		۱۷۳/۲		
m	جرم بخار آب = $M_3 - M_2$	θ_2	۲۸/۸	دمای بخار	۹۶

همچنین داریم $A \approx 40 \text{ (cal.}^\circ\text{C}^{-1})$ و $c = 1 \text{ (}^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{cal.g}^{-1})$ ؛ بنابراین:

$$l_v = [(173/2 \times 1 + 40)(85 - 25) + (28/8 \times 1)(85 - 96)] \div (28/8) = 433/166 \text{ cal.g}^{-1}$$

پایان