

Експериментално установяване на специфичната топлина на топене на леда и специфичната топлина на изпарение на водна пара

Васил Николов
(Dated: 08.03.2022)

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Да се измерят специфичната топлина на топене на воден лед λ и специфичната топлина на изпарение на водната пара s .

II. ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

При фазов преход на водата от твърдо към течно състояние температурата е константна ($T = T_{melt}$), но за да разтопим лед с маса m е нужно да се вкара допълнително енергия в системата $\Delta Q = \lambda m$. Тук λ е константа - специфичната топлина на топене. Аналогично при изпарение на вода с маса m можем да дефинираме $s = \frac{\Delta Q}{m} = const$. Тогава температурата на фазовият преход зависи от атмосферното налягане, което ще бъде измерено отделно.

III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА УСТАНОВКА И РАБОТНИ ФОРМУЛИ

A. Специфична топлина на топене на леда

За да измерим специфичната топлина на топене на леда трябва да сме сигурни, че можем да отчетем всеки начин, по който топлинна енергия може да навлиза в леда. Тъй като е трудно да се измери топлообменът на съдовете с околната среда заради сложността на процеса, ще целим да минимизираме топлината, която може да навлезе от околната среда. За целта се използва дюаров съд. Той е съставен от един външен и един вътрешен съд, като в пространството между тях е създаден вакуум. Така единственият топлообмен между съдът и околната среда става чрез чернотелно излъчване на двата съда, което при температури около стайната е много по слабо от конвекцията, и топлообмен през връзката между двата съда, която е при гърлото. Ако се намали дебелината на метала при връзката и този ефект може да се минимизира. Тогава единствено трябва да се отчете топлинният капацитет на съда, който в нашия случай е измерен експериментално, и е равен на капацитетът на около $m_d = 20g$ вода.

В добре термоизолиран дюаров съд поставяме вода с начална температура $T_0 = 56.7 \pm 0.1^\circ C$ и маса $m_{H_2O} = 150.0 \pm 0.1g$. Поставяме и няколко ледени кубчета и чакаме, докато се разтопят. Чрез потопеният в съда термометър измерваме температурата $T_1 = 26.1 \pm 0.1^\circ C$. След това премерваме масата на съда. Тъй като знаем масата му, когато е празен, и масата на водата в началото можем да определим точно масата на сложените ледени кубчета

$m_{ice} = 49.0 \pm 0.1g$. Нека топлинният капацитет на водата е C . Тогава

$$c(m_{h_2o} + m_d)(T_0 - T_1) + \lambda m_{ice} + cm_{ice}(T_1 - T_{melt}) = 0$$
$$\lambda = c \frac{(m_{h_2o} + m_d)(T_0 - T_1) + m_{ice}(T_{melt} - T_1)}{m_{ice}}$$

С тези стойности пресмятаме крайната стойност на $\lambda = (331 \pm 4) kJ/kg$. Тази стойност е в съгласие с табличната стойност от $\lambda_0 = 334 kJ/kg$

B. Специфична топлина на изпарение на водата

За да се измери специфичната топлина на кондензация на водната пара е нужно да сме сигурни, че в парата няма въздушни капчици. Така когато във вода се добави дадена маса водна пара сме сигурни, че цялата маса водна пара е отдала толкова енергия на общата смес, колкото отговаря на специфичният ѝ топлинен капацитет. За целта освен парогенератор - съд, в който парите от вряща вода се отвеждат през маркуч, се използва и изсушител. Това е съд, в който водните капчици в парата могат да се паднат, докато чистата водна пара да продължи. Изсушителят е вертикална тръба, на дъното на която има вода. Парата влиза отгоре и продължава през стъклена тръбичка, която достига до повърхността на водата. Оттам парата тръгва нагоре по съда, докато не стигне отворът на друга тръбичка в горната му част. От тази тръбичка вече излиза пара, която съдържа пренебрежимо количество водни капчици.

В дюаровият съд сипваме дестилирана вода с начална температура $T_0 = 19.6 \pm 0.1^\circ C$. Потопяме маркуч на парогенераторът във водата, и го оставяме да работи докато температурата на водата не стигне $T_1 = 65.6^\circ C$. Изваждаме маркуча от водата и претегляме сместа, за да намерим масата на парата, която е кондензирала във водата. Началната маса на водата е $m_{h_2o} = 150.8g$, а масата на парата - $m_s = 14.2g$.

$$c(m_{h_2o} + m_d)(T_1 - T_0) - sm_s + cm_s(T_1 - T_{ph}) = 0$$
$$s = c \frac{(m_{h_2o} + m_d)(T_1 - T_0) + m_s(T_1 - T_{ph})}{m_s}$$

Въздушното налягане по време на експеримента е $p = 710 mmHg$. При тази стойност температурата на изпарение на водата е $T_{ph} = 98.07^\circ C$. Тогава стойността на специфичната температура на изпарение на водата е $s = 2160 \pm 40 kJ/kg$. Тази стойност се различава с 5% от истинската стойност за това налягане $s_0 = 2260 kJ/kg$.