

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ ВОДЫ

Цель работы: экспериментальное определение удельной теплоты парообразования воды.

Принадлежности: калориметр, нагреватель, змеевик, сухопарник, регулятор напряжения, мешалка, термометр, мензурка, барометр, весы с разновесами.

Основные понятия и определения

Жидкость, находящаяся в открытом сосуде, постепенно испаряется, т.е. переходит в газообразное состояние. Испарение происходит при любой температуре, но для каждой жидкости с повышением температуры скорость испарения увеличивается. Явление испарения объясняется тем, что в жидкостях, как и в газах, молекулы обладают различными энергиями, как большими, так и меньшими значениями средней энергии, которое определяется температурой. При каждой температуре в жидкости появляются настолько быстрые молекулы, что, подходя к поверхности жидкости, они могут преодолеть притяжение соседних молекул и, прорвавшись сквозь поверхностный слой, вылететь за пределы жидкости. Чем выше температура жидкости, тем большим становится число быстрых молекул и тем, следовательно, быстрее идет испарение. Так как во время испарения из жидкости вылетают молекулы с большей кинетической энергией (быстрые молекулы), то внутренняя энергия жидкости при этом убывает, т.е. жидкость охлаждается. Количества теплоты, необходимые для испарения определенного количества различных жидкостей без изменения их температуры (изотермически) при одинаковых внешних давлениях, необходимо различное количество теплоты. В связи с этим введено понятие удельной теплоты парообразования жидкости.

Удельной теплотой парообразования называется количество теплоты, которое необходимо, чтобы превратить единицу массы жидкости в пар при температуре кипения.

При охлаждении пар, конденсируясь в жидкость, будет отдавать то же количество теплоты. На этом принципе основано определение удельной теплоты парообразования воды.

Допустим, что мы имеем M граммов пара при температуре кипения и обращаем его в жидкость при той же температуре. Тогда пар выделит количество теплоты $Q_1 = zM$ Дж, где z – удельная теплота парообразования. Если пар попадает в калориметр с водой температуры t_1 и нагревает ее до θ^0 , то он выделит при этом еще количество теплоты $Q_2 = cM(t_{кин}^0 - \theta^0)$, где c – удельная теплоемкость воды. Следовательно, общее количество теплоты, отданное паром, $Q_1 + Q_2$:

$$Q_1 + Q_2 = zM + cM(t_{кин}^0 - \theta^0).$$

Это количество теплоты пойдет на нагревание воды, калориметра (со змеевиком и мешалкой) и термометра.

Если масса воды в калориметре будет m_3 и первоначальная температура ее t_1 , то она приобретает количество теплоты Q_3 :

$$Q_3 = cm_3(\theta^0 - t_1^0),$$

где c – удельная теплоемкость воды.

Пусть вес калориметра с мешалкой m_1 , удельная теплоемкость его и мешалки c_1 , тогда количество тепла, приобретенное калориметром и мешалкой, будет равно

$$Q_4 = m_1c_1(\theta^0 - t_1^0).$$

Обозначим удельную теплоемкость змеевика через c_2 , а массу – m_2 , тогда количество теплоты, затраченное на нагревание змеевика, будет равно:

$$Q_5 = m_2 c_2 (\theta^0 - t_1^0).$$

Точный расчет тепловых эффектов, протекающих в калориметре, связан с определением так называемого водяного эквивалента.

Водяной эквивалент термометра W представляет собой количество теплоты, которое нужно сообщить термометру, чтобы повысить его температуру на 1К (или 1С). Как правило, величина W определяется опытным путем. Для данного термометра

$$W = Q_6 / (\theta^0 - t_1^0) = 20,95 \text{ Дж/К}.$$

Тогда общее количество теплоты Q , приобретенное калориметром с мешалкой и змеевиком, водой и термометром, будет равно

$$Q = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = (cm_3 + m_1 c_1 + m_2 c_2 + W) (\theta^0 - t_1^0).$$

Количество тепла, отданного паром при конденсации и жидкостью, образовавшейся из пара при охлаждении до температуры смеси θ , равно количеству тепла, полученного калориметром с мешалкой, змеевиком, водой и термометром при нагревании, т.е.

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

или

$$zM + cM (t_{\text{кип}} - \theta^0) = (cm_3 + m_1 c_1 + m_2 c_2 + W) (\theta^0 - t_1^0).$$

Отсюда удельная теплота парообразования определяется следующим образом:

$$z = \frac{(cm_3 + m_1 c_1 + m_2 c_2 + W)(\theta^0 - t_1^0) - cM(t_{\text{кип}}^0 - \theta^0)}{M}.$$

Температуру кипения воды определяют по формуле:

$$t_{\text{кип}} = 100 + 0,0376 (H - 760),$$

где H – атмосферное давление во время опыта, установленное по барометру в мм рт. ст.

Описание установки. Лабораторная установка состоит из резервуара (1), который соединен с испарителем (2), конструкционно связанным с сухопарником (3) рис. 1.

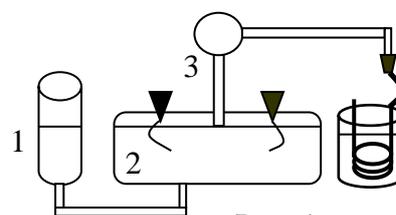


Рис. 1.

Порядок выполнения работы

1. Взвесить калориметр, определить m_1 .
2. Налить в калориметр с помощью мензурки 350-400 г воды (m_3) из водопровода и измерить ее температуру.
3. Взвесить змеевик, определить m_2 .
4. Включить кипятильник через ЛАТР (понижающий сетевое напряжение до 100 В).
5. После того, как вода в кипятильнике закипит и сухопарник достаточно прогреется, находящийся в калориметре змеевик соединить с сухопарником.
6. При пропускании пара в змеевик калориметра постоянно следить за повышением температуры. Когда температура воды в калориметре станет на столько же выше комнатной, на сколько она была первоначально ниже, прекратить доступ пара в змеевик.

После того, как прекратится поступление пара в змеевик, измерить температуру воды в калориметре и снова взвесить змеевик с охлажденной водой (определить m_4). Масса воды M , сконденсировавшейся из пара, будет равна:

$$M = m_4 - m_2.$$

Удельная теплоемкость воды $c = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, удельная теплоемкость змеевика $c_2 = 390 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, калориметра $c_1 = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, водяной эквивалент термометра $W = 20,95 \text{ Дж/К}$.

Данные внести в нижеследующую таблицу

N	m_1	m_2	m_4	M	t	t_1	θ	Z	ΔZ	$\frac{\Delta Z}{Z} \cdot 100\%$
	кг	кг	кг	кг	К	К	К	Дж/	Дж/	

								кг	кг	
1										
2										
3										
Ср.										

Контрольные вопросы

1. На что расходуется тепло при испарении?
2. Что называется удельной теплотой парообразования?
3. Что называется водяным эквивалентом термометра и как его определить?
4. Чему равна удельная теплота парообразования Z при критической температуре?
5. Переведите полученные результаты из системы СИ в СГС.

Литература

1. *Телеснин Р.В.* Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1973.
2. *Савельев И.В.* Курс общей физики. – Т.1. – М.: Наука, 1986.
3. *Матвеев А.Н.* Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1981.
4. *Кикоин М.К., Кикоин А.К.* Молекулярная физика, 1963.
5. *Зильберман А.Н.* Лабораторные работы по физике.