

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ТЕМА: «Определение удельной теплоты плавления льда»

Установка моделирует лабораторную работу «Определение удельной теплоты плавления льда».

Цель работы: поместив кусочек льда в калориметр с теплой водой, вычислить удельную теплоту плавления льда, закрепление ряда понятий термодинамики (фазовые переходы, уравнение теплового баланса).

1.1 Краткие теоретические сведения

В зависимости от условий, одно и то же вещество может находиться в одном из трех агрегатных состояний: **в твердом (кристаллическом), жидком и газообразном состояниях или фазах**. Переход из одного состояния в другое (фазовый переход) зависит от многих факторов, например, от температуры, давления или под воздействием каких-либо других внешних факторов (например, магнитных или электрических полей). Данные превращения сопровождаются быстрым изменением плотности, теплоемкости, энтропии электропроводности и других физических свойств тела и называются фазовыми переходами 1-го рода.

К ним относятся пары взаимообратных процессов:

- 1) плавление и кристаллизация;
- 2) испарение и конденсация.

При плавлении и испарении совершается поглощение, а при кристаллизации и конденсации – выделение такого же количества тепла.

Теплота плавления – это физическая величина, определяемая количеством теплоты, которое следует подвести веществу в равновесном изобарно-изотермическом процессе, для превращения его из твёрдого (кристаллического) состояния в жидкое. Такое же количество теплоты выделяется при затвердевании вещества. Данный фазовый переход (из твердого состояния в жидкое и обратно) выполняется для любого вещества при строго определенной температуре, которая называется температура плавления (кристаллизации). Для определения теплоты плавления (кристаллизации) применяют формулу:

$$Q_{пл} = \lambda \cdot m. \quad (1.1)$$

где λ – удельная теплота плавления льда, равная количеству тепла, которое необходимо для превращения 1 кг льда в жидкое состояние. Такая же энергия в виде теплоты выделяется при затвердевании 1 кг воды ($\lambda = 334$ кДж/кг).

Теплота испарения (конденсации) рассчитывается аналогично:

$$Q_{исп} = r \cdot m, \quad (1.2)$$

где r – удельная теплота парообразования.

					МиТОМ.ТМПиМ.Лр.№1.2020.Отчет			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	«Определение удельной теплоты плавления льда»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Савченко С.А.					1	4
Провер.		Астапенко И.В.				ГГТУ гр. МД-31		
Реценз.								
Н. Контр.								
Утв.								

Определить удельную теплоту плавления льда можно одним из следующих методов. В калориметре имеется теплая вода объемом V_B с температурой t_B , поместим в нее лед массой m_L при температуре t_L , то при расплавлении всего льда при температуре t_0 температура t , установившаяся в калориметре, определим следующим уравнением:

$$m_L c_L (t_0 - t_L) + m_L \lambda_L + m_L c_B (t - t_0) = \rho_B V_B c_B (t_B - t) + m_K c_K (t_K - t) \quad (1.3)$$

где λ_L - удельная теплота плавления льда, c_B - теплоёмкость воды, m_K - масса калориметра, c_K - теплоемкость калориметра, t_K - начальная температура калориметра (комнатная), t_0 - температура плавления льда, равная 0°C . Считается, что температуры калориметра и воды всегда имеют одинаковое значение.

Осуществление опыта и расчета возможно упростить, в случае, если осуществить опыт таким образом, чтобы начальное и конечное значение температуры калориметра имели одинаковое значение.

Из последнего уравнения удельная теплота плавления льда равна:

$$\lambda_L = \frac{[\rho_B V_B c_B + m_K c_K](t_0 - t) - m_L c_L (t_0 - t_L) - m_L c_B (t - t_0)}{m_L} \quad (1.4)$$

1.2 Ход выполнения работы

1. Запустить виртуальный стенд.



Рисунок 1.1 - Лабораторная установка

2. Установить параметры льда в таблице, которая находится сверху в правом углу $m_{\text{л}}, t_{\text{л}}$.
3. Установить массу и удельную теплоемкость калориметра $m_{\text{к}}, c_{\text{к}}$.
4. Установить параметры воды $V_{\text{в}}, t_0$. Температура воды в измерительном цилиндре t_0 должна быть выше комнатной температуры приблизительно на 40°C .
5. Кусочек льда поместить в теплую воду в калориметре и следите за показаниями термометра.
6. После того, как лед полностью растает, измерить конечную установившуюся температуру воды t .
7. Определить удельную теплоту плавления льда по формуле (1.4). Итоги вычислений занести в таблицу.
8. Определить оценку абсолютной и относительной погрешности измерения.
9. Сформулировать выводы.

1	2	3	4	5	6	7	8
$m_{\text{л}},$ кг	$t_{\text{л}},$ К	$c_{\text{л}},$ Дж/кг·К	$V_{\text{в}},$ м ³	$t_0,$ К	$c_{\text{в}},$ Дж/кг·К	$m_{\text{к}},$ кг	$c_{\text{к}},$ Дж/кг·К

9	10	11	12	13
$t,$ К	$\lambda_{\text{э}},$ кДж/кг	$\lambda_{\text{т}},$ кДж/кг	$\Delta\lambda$ кДж/кг	$\varepsilon_{\lambda},$ %

1.3 Экспериментальная часть

Пример 1

1. Приготовьте некоторое количество льда. Подержите лёд некоторое время при комнатной температуре, чтобы его температура стала 0°C . При этом часть льда должна растаять.

2. Налейте 100 мл (и, следовательно, $m_{\text{л}}=100$ г) теплой воды в измерительный цилиндр. Измерьте температуру $t_{\text{л}}$ теплой воды в измерительном цилиндре. Температура теплой воды должна превышать комнатную температуру примерно на 40°C . Вылейте теплую воду во внутренний стакан калориметра.

3. Возьмите небольшой кусок льда, осушите его фильтровальной бумагой и опустите в теплую воду в калориметре. Воду постоянно перемешивайте и следите за показаниями термометра. После полного расплавления первого куса льда положите в воду второй и так далее до тех пор, пока температура воды в калориметре не достигнет значения t_3 , равного температуре воздуха в комнате.

4. Перелейте воду из стакана калориметра в измерительный цилиндр. По увеличению объема воды ΔV найдите массу m_2 растаявшего льда.

5. Вычислите удельную теплоту плавления льда. Результаты вычислений занесите в тетрадь.

6. Пренебрегая погрешностью определения массы льда m_2 и воды m_2 , оцените относительную погрешность измерений:

$$\delta\lambda = \frac{2\Delta t}{t_1 - t_3} + \frac{2\Delta t}{t_3 - t_2},$$

где Δt – максимальная абсолютная погрешность, равная 1,5 градуса.

Далее исходя из определения относительной погрешности $\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$,

получите оценку абсолютной погрешности величины λ :

$$\Delta\lambda = \delta\lambda \cdot \lambda.$$

6. Запишите результат в стандартном виде, сравните его с табличным значением $\lambda = 334$ кДж/кг и сформулируйте вывод.

Упражнение 2*.

Проделайте упражнение 1, используя вместо воды в калориметре раствор поваренной соли концентрацией 10%, или смесь спирта с глицерином. Прокомментируйте полученные результаты.

1.3 Контрольные вопросы

1. Что такое фазовые переходы 1 рода?
2. Определение понятия теплоемкости тела и удельной теплоемкости вещества.
3. С помощью какого закона составляют уравнения теплового баланса?
4. Чем пренебрегли в выражении (1.3)?
5. Какая значимость помешивания воды в калориметре при проделывании работы?
6. Какова, причина того, что в данной работе не учитывалась теплоемкость калориметра?
7. В каком случае погрешность измерений в данной работе будет меньше, при быстром выполнении всех операций или при медленном? Почему?
8. На рисунке (1.2) представлен график зависимости абсолютной температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P .

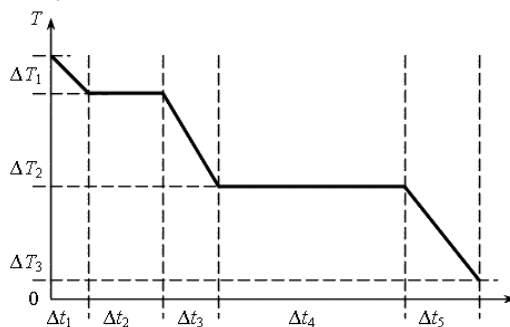


Рисунок 1.2.

В момент времени $t = 0$ вода находилась в газообразном состоянии. Как по данным графика определить удельную теплоту плавления льда?

9. Дайте понятие обледенения воздушных судов? В Чем его угроза для полетов воздушных судов?

10. Какие методы борьбы с обледенением вы знаете?

11. Обход облаков, при полете в которых велика вероятность обледенения, осуществляется сверху в зимний, и снизу – в летний период. Как вы считаете, почему?

12. Запишите основные приборы и оборудование, необходимые для проведения данной работы.

1.4 Список литературы

1. Курс физики. Т. 1: Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1989.

2. Молекулярная физика / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – М.: Наука, 1976.

3. Лабораторный практикум по физике / Под ред. А.С. Ахматова – М: «Высшая школа», 1980.

4. Техническое описание экспериментальной установки ФПТ1-8.

5. Практические рекомендации по обработке результатов измерений: Методические указания / Сост.: Л.П. Муркин, Н.В. Мышкина. – Куйбышев: КуАИ, 1992.

Температура плавления и удельная теплота плавления (кри-сталлизации) некоторых веществ (при нормальном атмосферном давлении)

Вещество	Температура плавления $t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Удельная теплота плавления $\lambda_{пл}, \text{Дж/кг}$
Вольфрам	3387	$1,84 \times 10^5$
Платина	1772	$1,13 \times 10^5$
Железо	1539	$2,7 \times 10^5$
Сталь	1500	$8,4 \times 10^4$
Медь	1085	$2,1 \times 10^5$
Золото	1064	$6,7 \times 10^4$
Серебро	962	$8,7 \times 10^4$
Алюминий	660	$3,9 \times 10^5$
Свинец	327	$2,47 \times 10^4$
Олово	232	$6,03 \times 10^4$
Лед	0	$3,33 \times 10^5$
Ртуть	-39	$1,18 \times 10^4$
Спирт	-114	$1,1 \times 10^4$
Азот	-210	$2,55 \times 10^4$
Кислород	-219	$1,4 \times 10^4$
Водород	-259	$5,82 \times 10^4$