Министерство образования и науки Российской Федерации

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева" в г. Белово

Кафедра технических наук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ПЛАВЛЕНИИ ОЛОВА**

Методические указания к выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Теплотехника»

для подготовки студентов направления 21.05.04

Составитель С.В. Белов

Утверждены на заседании кафедры

Протокол № 2 от 21.09.2017

Рекомендованы к печати

методическим советом филиала

КузГТУ в г. Белово

Протокол № 3 от 25.10.2107

Электронная копия находится в методическом кабинете филиала КузГТУ в г. Белово

**Белово 2017**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ПЛАВЛЕНИИ ОЛОВА**

**1. Цель работы:** а) определение приращения энтропии при фазовом переходе первого рода на примере плавления олова.

**2. Подготовка к работе:** прочитать в учебниках следующие параграфы: [1] – §§ 12.3, [2] – §§ 1.12-1.13, [3] – §§ 102, 103, 107, 125, [4] – §§ 2.8.

Для выполнения работы студент должен знать: а) фазовые переходы I и II рода; б) физический и статистический смысл энтропии и характер её изменения в различных системах; в) уметь пользоваться измерительными приборами.

**3. Выполнение работы**

**3.1. Описание лабораторной установки**

На рисунке (рис. 1) приведена схема установки: 1 – приборный блок; 2 – блок РЭ-11; 3 – стойка; 4 – кронштейн; 5 – стакан с исследуемым материалом (оловом) и нагревателем; 6 – датчик температуры; 7 – цифровой индикатор температуры; 8 – цифровой таймер; 9 – регулятор мощности; 10, 11 – вольтметр и амперметр; 12, 13 – тумблеры для включения нагрева и питания.



*Рис.1. Схема установки ФПТ1-11*

**3.2. Методика измерений и расчёта**

Энтропия – количественная характеристика теплового состояния системы, описывающая ее стремление переходить из одного состояния в другое. Изменение энтропии не зависит от вида процесса, а определяется лишь параметрами начального и конечного состояния системы, т.е. энтропия

является функцией состояния системы. Изменение энтропии в элементарном обратимом процессе

 

(1)

где δQ – бесконечно малое количество тепла, сообщенное системе; Т – температура системы. Изменение энтропии в обратимом процессе теплообмена



(2)

Если процесс необратимый, то

(3)



если система теплоизолирована, то

(4)



Это соотношение, устанавливающее направление теплообмена, можно сформулировать как второе начало термодинамики: в изолированных системах энтропия либо остается постоянной, либо возрастает при необратимых процессах.

Если система обменивается теплом с окружающей средой, то по знаку изменения энтропии судят о направлении теплообмена. Из формулы (1) видно, что dS и δQ имеют одинаковый знак, поэтому при нагревании энтропия системы возрастает (S2>S1), а при охлаждении – убывает (S2<S1). При нагревании твердого тела, его температура будет увеличиваться от комнатной T0 до температуры плавления Тпл , затем вещество будет плавиться, т.е. переходить из твердого состояния в жидкое (при этом температура его не изменяется). Далее нагреваться будет жидкость. График зависимости температуры нагреваемого тела от времени τ будет состоять из трех участков: двух наклонных линейных участков и одного горизонтального (рис.2).



Рис. 2. Диаграмма нагревания и плавления металла

Горизонтальный участок («плато») соответствует процессу плавления тела. При этом энергия нагрева расходуется на разрушение кристаллической решетки. Поэтому до полного разрушения всей решетки и перехода в жидкое состояние температура образца не меняется, несмотря на подводимую энергию. Чтобы нагреть тело массой m от температуры Т1 до температуры T2 необходимо сообщить ему количество теплоты



(5)

где c – удельная теплоемкость вещества (количество теплоты, необходимое для нагревания одного килограмма вещества на один градус Кельвина, (Дж/(кг•К)).

В данной работе используется малый объем плавящегося вещества, поэтому в процессе нагревания по всему объему успевает установиться равновесное состояние. Поэтому процесс можно считать обратимым и воспользоваться формулой (2). Приращение энтропии при нагревании от комнатной температуры Тк до температуры плавления Тпл с учетом (5) равно

 

(6)

Чтобы расплавить тело массой m, нагретое до температуры плавления, необходимо сообщить ему количество теплоты



(7)

где λ – удельная теплота плавления (количество теплоты, которое необходимо чтобы расплавить один килограмм вещества, нагретого до температуры плавления, Дж/кг). Приращение энтропии в процессе плавления с учетом (2), (7) равно

 

(8)

Энтропия аддитивная величина, поэтому суммарное изменение энтропии в процессе нагревания и плавления



(9)

Выражение (9) может быть использовано для экспериментального определения изменения энтропии олова при его нагревании и плавлении после измерения температур Тк и Тпл.

**3.3. Порядок выполнения работы**

1. Подать на установку питание, включив тумблер ВКЛ в модуле СЕТЬ.

2. Включить модуль НАГРЕВ тумблером 12. Регулятором 9 установить заданную мощность нагрева.

3. Контролировать температуру нагрева олова, ток и напряжение по приборам 7, 10 и 11. Для отсчета временных интервалов использовать встроенный таймер 8. Записать комнатную температуру Тк.

4. Включить кнопку НАГРЕВ печи с одновременным включением секундомера. Снимать показания встроенного таймера через 30 сек в течение 30 мин. Температура не должна превышать 300 °С. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

*Температура образца при нагревании*



5. Вывести регулятор нагрева в крайнее левое положение. Выключить нагреватель и провести через каждую минуту измерения температуры олова при охлаждении и при остывании. Результаты измерений занести в таблицу 2. Измерения температуры олова проводить до тех пор, пока его температура не достигнет сначала постоянной величины Тпл, затем начнет уменьшаться. Выключить установку ФПТ1-11 тумблером «Сеть».

Таблица 2

*Температура образца при остывании*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| τ, мин | Т, 0С | τ, мин | Т, 0С | τ, мин | Т, 0С | τ, мин | Т, 0С | τ, мин | Т, 0С |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3.4. Обработка результатов измерений

1. По данным таблиц построить график зависимости Т=f (τ) и выделить горизонтальные участки, где температура не меняется. По их среднему значению найти температуру плавления олова Тпл. Выразить ее в кельвинах.

2. По формулам (6), (8), (9) рассчитать изменения энтропии в процессе нагрева, плавления и суммарное изменение энтропии. При этом учесть, что масса олова m = 150 г, удельная теплоемкость с = 230 Дж/(кг∙К) и удельная теплота плавления λ = 5,9 ∙ 104 Дж/кг.

Результаты всех вычислений занести в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты вычисления изменения энтропии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тпл, К | С, Дж/(кг•К) | λ, Дж/кг | ΔS1, Дж/К | ΔS2, Дж/К | ΔS, Дж/К |
|  |  |  |  |  |  |

**4. Вопросы для самоподготовки.**

1. Как опытным путем определить температуру плавления кристаллического твердого вещества?
2. Что такое фаза? Какие превращения называются фазовыми переходами I и II рода? Приведите примеры.
3. Что такое энтропия? В чём заключается её статистический смысл?
4. Каков характер изменения энтропии для обратимых и необратимых процессов в закрытых и открытых системах?
5. Что такое теплота кристаллизации вещества?

5. Список рекомендуемой литературы

1. Детлаф, А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для втузов/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 720 с
2. Теплотехника / В. В. Дырдин, А. А. Мальшин, В. Г. Смирнов, Т. Л. Ким ; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 172 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91591&type=utchposob:common>

3. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 436 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/71760. — Загл. с экрана.

4. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 442 с

<https://biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC>

Составитель

Белов Сергей Викторович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ПЛАВЛЕНИИ ОЛОВА**

Методические указания к выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Теплотехника»

для подготовки студентов направления 21.05.04