*Лабораторна робота № 2.2.* ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ МЕТОДОМ РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМУ

**Мета роботи**: дослідити явища переносу; виміряти коефіцієнт теплопровідності ебоніту.

**Вказівки до виконання роботи**

*Для виконання роботи потрібно засвоїти такий теоретичний матеріал*: явища переносу; теплопровідність.

Література: [**1**, т.1 §§ 15.3; **2**, §§ 48; **3**, вступ до розд.5, §§ 5.8–5.10; **4**, т.1 §§ 112, 113; **6**, §§ 4.11, 5.3.1, 5.3.3; **7**, § 2.8]

У термодинамічних нерівновісних системах виникають *необоротні процеси*, які мають назву явищ переносу, унаслідок яких відбувається просторовий перенос енергії (теплопровідність), маси (дифузія) і кількості руху (внутрішнє тертя, або в’язкість). Для цих процесів характерним є те, що перенос енергії, маси та кількості руху завжди відбувається в напрямку, оберненому градієнту їхнього просторового розподілу, тобто система наближається до термодинамічної рівноваги.

Щоб експериментально визначити коефіцієнт теплопровідності , можна використати процес передавання теплоти в твердому тілі, оскільки закономірності такого процесу завжди пов’язані з коефіцієнтом теплопровідності.

Коефіцієнт теплопровідності можна знайти з основного рівняння, яке описує процес теплопровідності – *рівняння Фурє*:

,

де  – кількість тепла, що передається вздовж осі *x* крізь елемент площі  за час  за градієнта температури .

З рівняння Фур’є можна отримати:



і дати таке визначення фізичного змісту коефіцієнта теплопровідності: *коефіцієнт теплопровідності* чисельно дорівнює кількості теплоти, що переноситься через одиницю площі поперечного перерізу тіла за одиницю часу за градієнта температури, який дорівнює одиниці.

Практичне вимірювання величин, які входять в наведене рівняння Фур’є, пов’язане з певними труднощами, тому краще розглядати процеси, в яких можна легко i точно виміряти всі величини, що входять до розрахункової формули для визначення . Один з таких процесів – *регулярний режим* *нагрівання*.

Нехай нагріте до деякої температури  тіло внесено в середовище, яке добре проводить тепло (наприклад, вода). Температура цього середовища підтримується сталою і дорівнює . Унаслідок теплопровiдностi різниця температур тіла та середовища  постійно зменшуватиметься i в момент встановлення рівноваги дорівнюватиме нулю. Закон цього зменшення, тобто функція , залежить від розмірів та форми тіла, його теплофізичних властивостей, а також від того, як було нагріте тіло (рівномірно чи ні) перед початком досліду. У початковій стадії теплообміну цей закон є досить складним.

Поступово настає так званий регулярний режим нагрівання (чи охолодження), за якого різниця температур між будь-якою точкою зразка та навколишнім середовищем залежить від часу за законом:

. (2.2.1)

Величина  у формулі (2.2.1) називається темпом нагрівання (чи охолодження) i пов’язана з властивостями тіла:

, (2.2.2)

де  – коефіцієнт форми, що залежить від форми та розмірів тіла;  – питома теплоємність ебоніту;  – густина ебоніту. Для циліндра:

, (2.2.3)

де **,  – відповідно радіус i висота циліндра.

Таким чином, визначення коефіцієнта теплопровідності  циліндричного зразка з відомими густиною речовини  та питомою теплоємністю  зводиться до визначення темпу нагрівання . З цією метою вимірюють різницю температур між зразком i зовнішнім середовищем у рiзнi моменти часу.

Згідно з рівнянням (2.2.1):

. (2.2.4)

Залежність  після настання регулярного режиму на графіку має вигляд прямої з кутовим коефіцієнтом .

Після визначення темпу нагрівання можна знайти коефіцієнт теплопровiдностi:

. (2.2.5)

За середовище, в якому нагрівається зразок, доцільно взяти воду, яка кипить, оскільки, по-перше, в такому випадку забезпечується достатній теплообмін поверхні зразка з водою внаслідок перемішування, по-друге, температура води, що кипить, відома та не змінюється, коли зразок нагрівається.

Температуру вимірюють за допомогою або звичайного термометра, або диференціальної термопари та потенціометра постійного струму та самозаписувача.

Шкала температури

Шкала часу

2

3

Рис. 2.2.1

1

**Порядок виконання роботи**

1. Ознайомитися з установкою. Увімкнути нагрівник та довести воду у посудині до кипіння. Підтримувати температуру води протягом усього досліду.

2. Занурити циліндр у воду та увімкнути самозаписувач. Протягом 15-20 хв. отримати діаграму залежності температури зразка *t* оС від часу  (рис. 2.2.1).

3. Для визначення темпу нагрівання опрацювати діаграмну стрічку. Для цього:

а) нанести на діаграму шкалу температур (мінімальна температура зразка – кімнатна, а максимальна – 100 оС);

б) знаючи швидкість руху діаграмної стрічки, нанести на діаграму шкалу часу;

в) через кожні 120 с визначити значення температури зразка *t* оС. Значення температури та часу записати в табл. 2.2.1.

4. Розрахувати різницю між температурою зразка та киплячою водою (*Т*0 = 100 ºС) , прологарифмувати ці дані і занести їх до табл. 2.2.1.

5. Побудувати графік залежності  в програмі Excel (приклад 2.1).

6. Вибрати на графіку прямолінійну ділянку (проміжок регулярного режиму), побудувати на цій ділянці лінію тренда показати рівняння цієї лінії та визначити темп нагрівання *а*.

7. Виміряти діаметр *D* та висоту *h* циліндра. Обчислити радіус *R* та розрахувати коефіцієнт форми *k*. Значення записати в табл. 2.2.1

8. Записати до таблиці 2.2.1 питому теплоємність *с* та густину ебоніту ρ.

9. Застосувати формулу (2.2.5) та розрахувати коефіцієнт теплопровідності ебоніту **λ** в програмі Excel.

10. Подати звіт у вигляді таблиць на графіків у програмі Excel.

Приклад графіка 2.1

*Таблиця 2.2.1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t*оC** | **∆*T*, K** | **ln∆*T*** | **a, 1/c** | ***D*, м** | ***R*, м** | ***h*, м** | ***k*, м^2** | ***c*, Дж/(кг\*К)** | **ρ, кг/м^3** | **λ, Вт/(м∙К)** |

**Контрольні запитання**

1. Які явища переносу вам відомі?
2. Дайте визначення явища теплопровідності.
3. Запишіть закон Фур’є для явища теплопровідності.
4. Що називається коефіцієнтом теплопровідності? Поясніть його фізичний зміст.
5. Від чого залежить теплопровідність твердих тіл?
6. Дайте визначення градієнта температури.
7. Поясніть фізичний зміст знака «мінус» в законі Фур’є.
8. Що таке регулярний режим нагрівання? Запишіть закон зміни температури залежно від часу за регулярного режиму.
9. Поясніть практичне значення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів.