**Навчально-дослідницька робота №5**

**Тема дослідження.** ***Вивчення теплових властивостей металів.***

***Завдання дослідження:***

1. Ознайомитись з теоретичною частиною навчально-дослідницької роботи.
2. Визначити теплоємність скляного стакана калориметра та питому теплоємність хімічного скла.
3. Визначити молярну теплоємність зразків металів.

***Обладнання:*** мобільна лабораторія NOVA5000, 2 датчики температури DT029, датчик сили DT272, калориметр з двох скляних стаканів та теплоізолятора, кришка калориметра з теплоізолюючого матеріалу, скляні стакани 400 мл та 100 мл, електричний нагрівник, зразки металів (алюмінієвий та залізний бруски), нитка, штатив, термометр, вода.

***Теоретична частина***

Теплоємністю тіла називають відношення приросту його внутрішньої енергії до приросту температури. Чисельно теплоємність тіла визначається за виразом:

$C=\frac{Q}{∆T}$ (1), де $Q$- кількість теплоти, переданої тілу у наслідок теплообміну,

 $∆T$ - зміна температури тіла.

Для визначення теплоємності скляного стакана калориметра використовується процес теплопередачі між нагрітою водою та стаканом в умовах, коли обмін тепла з оточуючим середовищем мінімальний. Нехтуючи втратами тепла у оточуюче середовище з рівняння теплового балансу, слідує вираз, за яким обчислюється теплоємність стакана у першому дослідженні.

$C\_{ст}=\frac{с\_{в}m\_{в}(t\_{2}^{°}-t\_{3}^{°})}{t\_{3}^{°}-t\_{1}^{°}}$ (2), де $с\_{в}=4200\frac{Дж}{кгК} $– питома теплоємність води, $m\_{в}$ - маса води, $t\_{1}^{°}$- температура оточуючого середовища, $t\_{2}^{°}$ - температура нагрітої води, $t\_{3}^{°}$ - температура стакана і води після теплообміну.

Питомою теплоємністю речовини називають відношення приросту внутрішньої енергії тіла до його маси та приросту температури у наслідок теплового обміну.

Питома теплоємність речовини та теплоємність тіла пов’язані співвідношенням:

$с=\frac{С}{m}$ (3).

Даний вираз використовується, як робочий для визначення питомої теплоємності хімічного скла.

У класичній теорії теплообміну використовується поняття молярної теплоємності речовини. Молярна теплоємність – це відношення приросту внутрішньої енергії одного моля речовини до приросту температури. Для одноатомних речовин згідно закону отриманого Дюлонгом та Пті молярна теплоємність рівна:

$c\_{ν}=3R≈25\frac{Дж}{моль К}$ (4).

Виходячи з мети другого дослідження, молярну теплоємність зразків металів визначимо за допомогою виразу:

$c\_{ν}=cμ$ (5), де $μ$ - молярна маса зразку. $μ\_{ал}=0,027\frac{кг}{моль} $ $μ\_{зал}=0,056\frac{кг}{моль}$, с – питома теплоємність зразка метала.

Для обчислення питомої теплоємності зразка метала використовуватимемо процес теплового обміну нагрітого зразка з холодною водою у калориметрі. Нагрівши попередньо зразок у гарячій воді з температурою $t\_{2}^{°}$ перенесемо його у внутрішні стакан калориметра, заповнений холодною водою з температурою $t\_{1}^{°}$. Після встановлення теплової рівноваги, виміряємо температуру у калориметрі $t\_{3}^{°}$ . Для обрахунку питомої теплоємності зразка використаємо вираз:

$c\_{зр}=\frac{\left(с\_{в}m\_{в}+С\_{ст}\right)(t\_{3}^{°}-t\_{1}^{°})}{m\_{зр}(t\_{2}^{°}-t\_{3}^{°})}$ (6), де $m\_{в}$ - маса води у стакані, $m\_{зр}$ - маса зразка.

При виконанні дослідження використовується мобільна лабораторія NOVA5000 з датчиком сили DT272 та датчиками температури DT029.

***Детальний опис датчика сили DT272.***

Це популярний дводіапазонний силовий датчик, який здатний вимірювати сили. Датчик має два діапазони дії: ±10 Н або ±50 Н. Він легко кріпиться на штативі або ж застосовується як пружинні терези.

***Принцип роботи***

Датчик вимірює силу за принципом тензометра (резистора, що змінює опір при механічному навантаженні), на основі прогинання бруска. Прикріплені з обох боків бруска тензометри вбудовані в мостову електричну схему. Зміни опору призводять до невеликих змін напруги. Схема підсилювача всередині датчика підвищує цю напругу для її вимірювання на реєстраторі цифрової лабораторії. До мостової схеми ввімкнуті потенціометри для налаштування. Датчик сили було розроблено таким чином, щоб напруга змінювалася в залежності від прикладеної сили за лінійним законом.

***Характеристики датчика***

|  |  |
| --- | --- |
| Назва характеристик | Параметри |
| Діапазон | - 10 Н до +10 Н- 50 Н до +50 Н |
| Точність | ±0,2 % від повного діапазону |
| Роздільність (12-біт) для ±10 НРоздільність (12-біт) для ±50 Н | 0,005 Н0,025 Н |
| Частота замірів за замовчуванням | 10 замірів на секунду |
| Особливості конструкції | Поставляється із гвинтом регулювання посилення та двостороннім калібрувальним гвинтом  |

***Технічні особливості***

Здійснюйте тарування приладу на *нуль Н* перед кожним використанням, від’єднавши датчик сили від реєстратора даних, а потім знову увімкнувши. Завжди таруйте датчик, орієнтуючись на хід експерименту.

*Застосування датчика сили з реєстратором даних Nova5000 та програмним забезпеченням MultiLab*

1. Запустіть програмне забезпечення MultiLab CE.
2. Під’єднайте датчик сили до виходу Nova5000 (починаючи з І/О-1). Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчик.
3. Оберіть вкладку **Реєстратор, Настройка** і запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних та кількість зразків у вкладці **Виміри**. Натисніть кнопку **Пуск** на головній панелі інструментів і розпочніть вимірювання.

***Вибір позитивного напряму вимірювання***

У програмному забезпеченні MultiLab штовхання датчика за замовчуванням розпізнається як позитивна сила. Щоб змінити позитивний напрям (тяга – позитивна) на протилежний, відкрийте діалогове вікно Параметрів Датчика:

1. Натисніть кнопку **Реєстратор** на головній панелі інструментів.

2. Натисніть кнопку **Установки** та відкрийте діалогове вікно біля **Позитивного напряму сили.**

3. Оберіть потрібну опцію.

4. Натисніть **ОК.**

***Встановлення поточних показників на нуль***

1. Запустіть програмне забезпечення MultiLab (з вашого комп’ютера або з Nova5000).
2. Під’єднайте датчик сили до першого виходу реєстратора даних І/О-1.
3. Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчик сили.
4. Натисніть **Настройка** на головній панелі інструментів.
5. Натисніть кнопку **Властивості** навпроти виходу датчика сили.
6. Виберіть вкладку **Встановлення на нуль**.
7. Відмітьте позицію **Встановити поточні показники на нуль**.
8. Натисніть **ОК**.
9. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних та кількість зразків. Натисніть **Пуск** на головній панелі інструментів і розпочніть вимірювання.

***Детальний опис датчика температури DT029***

 Датчик температури (-25 °C – 110 °C) може під’єднуватися до реєстраторів даних Nova5000, MultiLogPRO або TriLink. Датчик температури є простим, надійним датчиком із нержавіючої сталі. Він під’єднується безпосередньо до реєстратора даних за допомогою стандартного кабелю mini-DIN. Датчик температури вкритий захисним ізоляційним матеріалом, що робить його більш надійним та міцним, аніж звичайний скляний термометр, на заміну якого він розроблений.

Завдяки широкому діапазону (-25 °C – 110 °C) датчик можна застосовувати у якості термометра для проведення досліджень з хімії, фізики, біології, науки про землю та оточуюче середовище і він найкраще підходить для здійснення вимірювань температури води та інших хімічних розчинів.

***Принцип роботи***

Датчик температури (-25 °C – 110 °C) під’єднується безпосередньо до реєстратора даних. Термочутливий елемент отримує вхідну напругу 5 В і повертає вихідну напругу, пропорційну до виміряної температури та у діапазоні 0-5 В, який є прийнятним для аналого-цифрового перетворювача реєстратора даних. Потім реєстратор даних запам’ятовує отримане значення.

***Характеристики датчика***

|  |  |
| --- | --- |
| Діапазон | -25 °C – 110 °C -13 °F – 230 °F263 К – 383,15 К |
| Діапазон для реєстраторів MultiPRO або TriLink | -25 °C – 110 °C-13 °F – 230 °F |
| Точність | ±2 % від повного діапазону |
| Роздільність 12-біт  | 0,03 °C |
| Частота замірів за замовчуванням  | 10 замірів на секунду |
| Час відклику (для 90% змін у показаннях)  | 20 секунд у рідині40-60 секунд у повітрі |
| Сенсорний елемент | Розміщений всередині наконечника датчика |
| Рекомендоване застосування датчика  | Застосовуйте тільки у слабких хімічних розчинах. Не розміщуйте кабель датчика у рідині. Не розміщуйте датчик біля відкритого полум’я або на нагрітій пластині.  |

***Калібрування***

Датчик температури (-25 °C – 110 °C) не потребує калібрування.

*Застосування датчика температури з реєстратором даних Nova5000 та програмним забезпеченням MultiLab*

1. Запустіть програмне забезпечення MultiLab CE.
2. Під’єднайте датчик температури до виходу реєстратора Nova5000 (починаючи з І/О-1). Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчик.
3. Оберіть вкладку **Реєстратор, Настройка** на головній панелі інструментів і запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних та кількість зразків. Натисніть кнопку **Пуск** на головній панелі інструментів і розпочніть вимірювання.

***Вибір одиниць вимірювання***

MultiLab відображує дані у °C. Щоб змінити °C на °F або К:

1. Натисніть кнопку **Реєстратор** на головній панелі інструментів MultiLab, а потім натисніть **Параметри**.

2. Оберіть бажану одиницю вимірювання у меню **Одиниці температури** і натисніть **ОК.**

***Хід дослідження***

1. Закріпіть датчик сили на штативі.
2. Запустіть програмне забезпечення MultiLab. Оберіть діапазон вимірювань 10Н перемикачем на датчику.
3. Під’єднайте датчик сили до першого виходу реєстратора даних І/О-1.
4. Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчик сили.
5. Натисніть **Реєстратор, Настройки** на головній панелі інструментів.
6. Натисніть кнопку **Властивості** навпроти виходу датчика сили.
7. Виберіть вкладку **Встановлення на нуль**.
8. Відмітьте позицію Встановити поточні показники на нуль.
9. Натисніть **ОК**.
10. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних обравши 50 замірів на секунду та кількість зразків 500.
11. Приєднайте внутрішній скляний стакан калориметра до нитки і за допомогою невеликої петлі підвісьте до гачка датчика сили.
12. Давши заспокоїтись коливанням стакана, натисніть **Старт**  і через декілька секунд натисніть **Стоп** **.**
13. Натисніть **Файл**, оберіть **Зберегти як…** та вкажіть папку для збереження результату.
14. Приєднайте до металевих брусків нитку та повторіть по черзі процес зважування 12-13.
15. Налийте у склянку 300 мл води та за допомогою нагрівача доведіть її до температури 70°С. Контроль за температурою ведіть звичайним спиртовим термометром.
16. Помістіть у теплоізолюючу кришку калориметра датчик температури та обмотавши тепло ізолюючим матеріалом внутрішній стакан калориметра помістіть його у зовнішній стакан. Простежте, щоб між внутрішнім та зовнішнім стаканами був проміжок.
17. 100 мл нагрітої води налийте у склянку, об’ємом 100 мл.
18. Від’єднайте від реєстратора датчик сили та приєднайте до першого і другого входу датчики температури.
19. Помістіть перший датчик у склянку калориметра накривши кришкою, а другий датчик у склянку з нагрітою водою.
20. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних обравши 50 замірів на секунду та кількість зразків 500.
21. Натисніть **Старт**  на головній панелі і дочекайтеся завершення вимірів.
22. Натисніть **Файл**, оберіть **Зберегти як**… і вкажіть папку для збереження результатів.
23. Швидко перелийте нагріту воду у внутрішній стакан калориметра і накрийте кришкою.
24. Натисніть **Старт**  на головній панелі і дочекайтеся завершення вимірів.
25. Натисніть **Файл**, оберіть **Зберегти**.
26. Оберіть **Файл, Очистити все**.
27. Вилийте воду з внутрішнього стакана калориметра та наберіть туди 80 мл води при кімнатній температурі.
28. Накрийте калориметр кришкою з датчиком температури.
29. Помістіть зразки металів у нагріту воду, якщо вода встигла остигнути доведіть її температуру до 70°С , температуру контролюйте звичайним спиртовим термометром.
30. Зачекайте декілька хвилин для прогрівання зразків.
31. Помістіть другий датчик температури у нагріту воду.
32. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних обравши 50 замірів на секунду та кількість зразків 2000.
33. Натисніть **Старт** .
34. Швидко перенесіть перший нагрітий зразок у внутрішній стакан калориметра.
35. Помішуючи воду у стакані обережно рухаючи зразок ниткою, дочекайтеся завершення вимірів.
36. Натисніть **Файл**, оберіть **Зберегти як**… і вкажіть папку для збереження результатів.
37. Витягніть перший зразок із внутрішнього стакана калориметра та замініть воду у склянці наливши туди 80 мл води при кімнатній температурі.
38. Повторіть кроки 33-36 для другого зразка.

***Аналіз даних***

1. Відкрийте файл першого дослідження. Працюючи з графіком, встановіть **Перший курсор**  та **Другий курсор** . Натисніть клавішу «+» та оберіть достатнє згладжування графіка.
2. Зніміть курсори та встановіть **Перший курсор**  на графік, прочитайте під графіком значення ваги скляного стакана **Рст** та занесіть до таблиці 1.
3. Розрахуйте масу стакана за виразом $m\_{ст}=\frac{P\_{ст}}{9,81}$ [кг] з точністю до 3 знака після коми та занесіть до таблиці 1.
4. Занесіть масу води до таблиці 1 mв = 0,1 кг.
5. Проробіть кроки 1-3 для 2 та 3 вимірювання ваги зразків **Рзр** , та занесіть до таблиці 2.
6. Перейдіть до наступного графіка вимірювань. Виконайте згладжування графіків. Помістіть **Перший курсор**  на один графік, зчитайте під віссю часу значення температури оточуючого середовища $t\_{1}^{°}$ з точністю до першого знака після коми та занесіть до таблиці 1. Зніміть та помістіть **Перший курсор**на другий графік, зчитайте під віссю часу значення температури нагрітої води $t\_{2}^{°}$ та занесіть до таблиці 1.
7. Перейдіть до наступного графіка вимірювань.
8. Оберіть ділянку графіка температури внутрішнього стакана калориметра, що відповідає завершенню теплообміну, Встановіть **Перший курсор**, зчитайте під віссю часу значення температури $t\_{3}^{°}$ та занесіть до таблиці 1.
9. За виразом 2 обчисліть значення теплоємності стакана $C\_{ст}$ з точністю до цілого числа та занесіть до таблиці 1.
10. За виразом 3 обчисліть значення питомої теплоємності хімічного скла сск з точністю до цілого числа та занесіть до таблиці 1.
11. Перейдіть до графіка теплообміну першого зразка.
12. Встановіть **Перший курсор**  на ділянку графіка зміни температури холодної води, яка відповідає початковому стану води, зчитайте під графіком значення температури $t\_{1}^{°}$ з точністю до першого знака після коми, та занесіть до таблиці 2. Перемістіть **Перший курсор** на ділянку, яка відповідає стану води після теплообміну, зчитайте значення температури $t\_{3}^{°}$ та занесіть до таблиці 2.
13. Зніміть та встановіть **Перший курсор**  на графік температури, що відповідає нагрітому зразку, зчитайте температуру $t\_{2}^{°}$ та занесіть до таблиці 2.
14. Занесіть до таблиці масу води mв= 0,08 кг.
15. Перейдіть до графіка теплообміну другого зразка та виконайте кроки 12-13.
16. За виразом (6) обчисліть значення питомої теплоємності зразків з точністю до цілого числа та занесіть у відповідні поля таблиці 2.
17. За виразом (5) обчисліть значення молярної теплоємності зразків з точністю до цілого числа та занесіть у відповідні поля таблиці 2.
18. Зробіть та занотуйте висновки з досліджень.

Таблиця результатів 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рст(Н) | $m\_{ст}$(кг) | $m\_{в}$(кг) | $t\_{1}^{°}$(С) | $t\_{2}^{°}$(С) | $t\_{3}^{°}$(С) | $$C\_{ст}(\frac{Дж}{К})$$ | $$c\_{ск}(\frac{Дж}{кгК})$$ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблиця результатів 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Матеріал зразка | Рзр(Н) | $$m\_{зр}(кг)$$ | $$m\_{в}(кг)$$ | $t\_{1}^{°}$(С) | $t\_{2}^{°}$(С) | $t\_{3}^{°}$(С) | $$c\_{зр}(\frac{Дж}{кгК})$$ | $$c\_{ν}(\frac{Дж}{мольК})$$ |
| Алюміній |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Залізо |  |  |  |  |  |  |  |  |

Висновки дослідження

1.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Розвиток дослідження

Виходячи з того, що молярна теплоємність стала для одноатомних зразків, запропонуєте спосіб перевірки за теплоємністю складу металевих монет.