**Навчально-дослідницька робота №6**

**Тема дослідження.** ***Вивчення явища випаровування води.***

***Завдання дослідження:***

1. Ознайомитись з теоретичною частиною навчально-дослідницької роботи.
2. Оцінити кількість молекул води, що випаровуються з одиниці площі поверхні води при визначеній температурі.

***Обладнання:*** мобільна лабораторія NOVA5000, 2 датчики температури DT029, скляні стакани 1 на 400 мл та 2 на 100 мл, електричний нагрівник, кришка для стакана, вода.

***Теоретична частина***

З огляду на формулювання дослідження, оберемо метод визначення кількості молекул, що опирається на результати зміни температури води у двох склянках, одна з яких накрита кришкою. При остиганні води частина енергії віддається стаканом з водою у оточуюче середовище шляхом теплопровідності, конвекції та випромінювання. Інша частина енергії втрачається за рахунок процесу випаровування води з вільної поверхні у стакані. Накривши один стакан кришкою можна відокремити процес випаровування. Логічно, що температура у закритому стакані буде зменшуватися повільніше ніж у відкритому. Побудувавши залежність зміни температур у обох стаканах можна перейти до аналізу втрат тепла.

Припустимо, що на деякому інтервалі часу температура води у відкритому стакані змінилася від $t\_{1}^{°}$ до $t\_{2}^{°}$ , а у закритому від $t\_{1}^{°}$ до $t\_{3}^{°}$ . Тоді кількість теплоти, втрачена відкритим стаканом обчислюється за виразом:

$Q\_{1}= c\_{в}m\_{в}(t\_{1}^{°}-t\_{2}^{°})$(1), де $c\_{в}=4200 (\frac{Дж}{кгК})$ - питома теплоємність води, $m\_{в}$- маса води у стакані.

Кількість теплоти, втрачена закритим стаканом обчислюється аналогічним виразом:

$Q\_{2}= c\_{в}m\_{в}(t\_{1}^{°}-t\_{3}^{°})$(2), де $c\_{в}=4200 (\frac{Дж}{кгК})$ - питома теплоємність води, $m\_{в}$- маса води у стакані.

Різниця кількостей теплоти буде складати втрати на випаровування води з вільної поверхні.

$Q\_{3}=Q\_{1}-Q\_{2 }$(3)

З іншого боку, ця кількість теплоти пов’язана з масою води, яка перетворилася на пару.

$m\_{пар}=\frac{Q\_{3}}{r}$ (4), де $r=2,3×10^{6}\left(\frac{Дж}{кг}\right)$ - теплота пароутворення води.

Маса пари пов’язана з кількістю молекул виразом:

$N=\frac{m\_{пар}}{μ} N\_{A}$ (5), де $μ=0,018 (\frac{кг}{моль})$ - молярна маса води,

$N\_{A}=6,02×10^{23}(моль^{-1})$ - стала Авогадро, рівна кількості молекул речовини в одному молі.

Розділивши кількість молекул на площу випаровування та час випаровування, отримаємо шукану швидкість випаровування:

$v\_{вип}=\frac{N}{S∆t}$ (6), де S – площа поверхні випаровування, $∆t$ - інтервал часу випаровування.

При виконанні дослідження використовується мобільна лабораторія NOVA5000 з датчиками температури DT029.

***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. За допомогою нагрівача нагрійте у склянці об’ємом 400 мл воду до температури 70°С.
2. Датчик температури закріпіть у кришці для стакана об’ємом 100 мл.
3. Виміряйте діаметр стакана та занесіть результат до таблиці.
4. Під’єднайте датчики температури до першого виходу реєстратора даних І/О-1 та другого виходу І/О-2.
5. Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчики температури.
6. Натисніть **Реєстратор, Настройки** на головній панелі інструментів.
7. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних обравши один замір на 10 секунд та кількість зразків 50.
8. Швидко налийте у два стакани нагріту воду у кількості 80 мл, помістіть у них датчики температури, накривши один стакан щільно кришкою.
9. Натисніт**ь Старт** .
10. Експеримент триває близько 10 хв.
11. По завершенню вимірів натисніть **Файл**, оберіть **Зберегти як…** та вкажіть папку для збереження результату.

***Аналіз даних***

1. Оберіть на графіку зміни температури у відкритому стакані невелику ділянку, що відповідає зміні температури на 3°С, встановивши на початок ділянки **Перший курсор** .
2. Зчитайте під віссю часу точне значення початкової температури $t\_{1}^{°}$ та занесіть до таблиці.
3. Перемістіть **Перший курсор** в кінець ділянки та зчитайте точне значення температури $t\_{2}^{°}$ та занесіть до таблиці.
4. Перемістіть Перший курсор  на початок ділянки та встановіть Другий курсор  в кінець ділянки. Зчитайте під віссю часу точне значення інтервалу часу $∆t$ та занесіть до таблиці.
5. Зніміть курсори з першого графіка та перейдіть до аналізу другого графіка, що відповідає зміні температури у накритому стакані.
6. Оберіть **Першим курсором**  точку, що відповідає температурі $t\_{1}^{°}$.
7. Встановіть **Другий курсор**  у точку, часова координата якої відстоїть на величину $∆t$ від першої точки. Зніміть курсори та встановіть **Перший курсор**  на другу точку. Зчитайте точне значення температури $t\_{3}^{°}$ та занесіть до таблиці.
8. Розрахуйте з точністю до цілого числа $Q\_{1}, Q\_{2},Q\_{3}$ за виразами (1)(2)(3) врахувавши масу води у 0,08 кг та занесіть до таблиці.
9. За виразом (4) розрахуйте масу пари $m\_{пар}$ з точністю до 3 знака після коми та занесіть до таблиці.
10. За виразом (5) розрахуйте кількість молекул та занесіть до таблиці.
11. Розрахуйте площу перерізу стакана за виразом $S=\frac{πd^{2}}{4}$ та за виразом (6) швидкість випаровування.
12. Занотуйте висновки до роботи.

Таблиця результатів

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d(м) | $$S(м^{2})$$ | $$∆t(с)$$ | $t\_{1}^{°}$ (С) | $t\_{2}^{°}$(С) | $t\_{3}^{°}$(С) | $$Q\_{1}(Дж)$$ | $$Q\_{2}(Дж)$$ | $$Q\_{3}(Дж)$$ | $$m\_{пар}(кг)$$ | $$N$$ | $$v\_{вип}(\frac{1}{м^{2}с})$$ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Висновки дослідження

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

Розвиток дослідження

Виходячи з результатів спостереження, спрогнозуйте та з’ясуйте методику перевірки гіпотези про залежність швидкості випаровування від температури.