

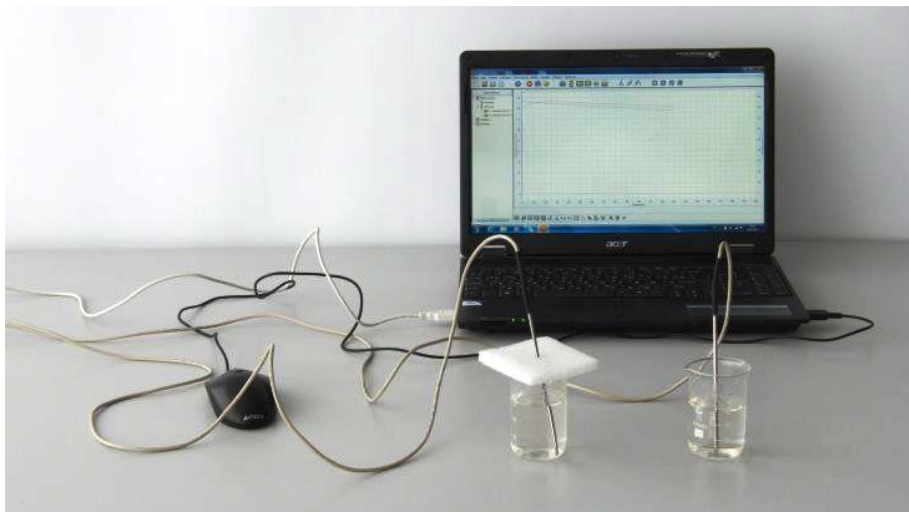
Навчально-дослідницька робота №6

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: ПК, аналогово-цифровий перетворювач NOVA LINK. 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:

$$Q_1 = c_v m_v (t_1^{\circ} - t_2^{\circ}) \quad (1), \text{ де } c_v = 4200 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кгК}} \right) -$$
 питома теплоємність води, m_v - маса води у стакані.

Кількість теплоти, втрачена закритим стаканом обчислюється аналогічним виразом:

$$Q_2 = c_v m_v (t_1^{\circ} - t_3^{\circ}) \quad (2), \text{ де } c_v = 4200 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кгК}} \right) -$$
 питома теплоємність води, m_v - маса води у стакані.

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

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad (3)$$

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

$m_{\text{пар}} = \frac{Q_3}{r}$ (4), де $r = 2,3 \times 10^6 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$ - теплота пароутворення води.

Маса пари пов'язана з кількістю молекул виразом:

$N = \frac{m_{\text{пар}}}{\mu} N_A$ (5), де $\mu = 0,018 \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right)$ - молярна маса води,

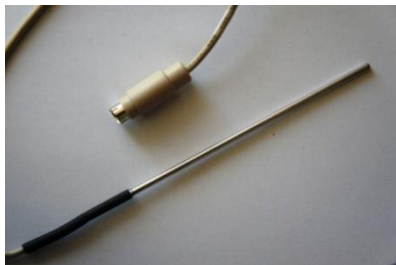
$N_A = 6,02 \times 10^{23} (\text{моль}^{-1})$ - стала Авогадро, рівна кількості молекул речовини в одному молі.

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

$v_{\text{вип}} = \frac{N}{S\Delta t}$ (6), де S - площа поверхні випаровування, Δt - інтервал часу випаровування.

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

Детальний опис датчика температури DT029



Датчик температури (-25 °С – 110 °С) 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 вимірюваної 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 °F 263 K – 383,15 K
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 рідині 40-60 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 SE.
2. Під'єднайте датчик температури до виходу реєстратора Nova5000 (починаючи з I/O-1). Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчик.
3. Оберіть вкладку **Реєстратор, Налаштування** 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 K:

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°C.
2. Датчик температури закріпіть у кришці для стакану об'ємом 100 мл.
3. Виміряйте діаметр стакану та занесіть результат до таблиці.
4. Приєднайте датчики температури до першого виходу реєстратора даних I/O-1 та другого виходу I/O-2.
5. Програмне забезпечення MultiLab автоматично розпізнає датчики температури.
6. Натисніть Реєстратор, Налаштування на головній панелі інструментів.
7. Запрограмуйте частоту замірів реєстратора даних обравши один замір на 10 секунд та кількість зразків 50.
8. Швидко налейте у два стакани нагріту воду у кількості 80 мл, помістіть у них датчики температури, накривши один стакан щільно кришкою.
9. Натисніть **Старт** .
10. Експеримент триває близько 10 хв.

Аналіз даних


1. Оберіть на графіку зміни температури у відкритому стакані невелику ділянку, що відповідає зміні температури на 3°C , 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 Δt та занесіть до таблиці.

5. Зніміть курсори з першого графіка та перейдіть до аналізу другого графіка, що відповідає зміні температури у закритому стакані.

6. Оберіть **Першим курсором**  точку, що відповідає температурі t_1° .

7. Встановіть **Другий курсор**  у точку, часова координата якої відстоїть на величину Δt 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 $0,08\text{ кг}$ та занесіть до таблиці.

9. За виразом (4) розрахуйте масу пари $m_{\text{пар}}$ 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 стакану за виразом $S = \frac{\pi d^2}{4}$ та за виразом (б) швидкість випаровування.

12. Занотуйте висновки до роботи.

Таблиця результатів

$d(\text{м})$	$S(\text{м}^2)$	$\Delta t(\text{с})$	$t_1^\circ(\text{C})$	$t_2^\circ(\text{C})$	$t_3^\circ(\text{C})$	$Q_1(\text{Дж})$	$Q_2(\text{Дж})$	$Q_3(\text{Дж})$	$m_{\text{пар}}(\text{кг})$	N	$\nu_{\text{вип}} \left(\frac{1}{\text{М}^2 \text{С}} \right)$

Висновки дослідження

1. _____

Розвиток дослідження

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