

8 клас
Задача № 1

Обладнання:

Групове:

- вода,

Індивідуальне:

- пісок,
- пластилін,
- суміш піску з пластиліном,
- лінійка,
- шприц 5 мл,
- дві однакових коробочки.

Завдання: визначити відносний вміст піску в суміші за масою.

Розв'язання.

Масу суміші піску та пластиліну можна виразити через масу її компонентів.

$$M = m_{nl} + m_n \quad (1)$$

де

$$M = \rho V \quad (2)$$

$$m_{nl} = \rho_{nl} V_{nl} \quad (3)$$

$$m_n = \rho_n V_n \quad (4)$$

ρ - густина суміші, ρ_{nl} - густина пластиліну, ρ_n - густина піску, V - об'єм суміші, V_{nl} - об'єм пластиліну, V_n - об'єм піску.

Шукану масову частку піску можна записати за означенням

$$\alpha_M = \frac{m_n}{M}, \quad (5)$$

а об'ємна частка піску визначається за формулою

$$\alpha_V = \frac{V_n}{V}. \quad (6)$$

З рівнянь (1)-(6) отримуємо вираз для масової частки піску

$$\alpha_M = \frac{1 - \rho_{nl}}{1 - \frac{\rho_{nl}}{\rho_n}} \cdot \rho. \quad (7)$$

Аналіз (7) показує, що для визначення α_M потрібно виміряти ρ_{nl} , ρ_n , ρ . Для цього потрібно спочатку виміряти масу та об'єм певного шматка чистого пластиліну, суміші та деякої кількості піску

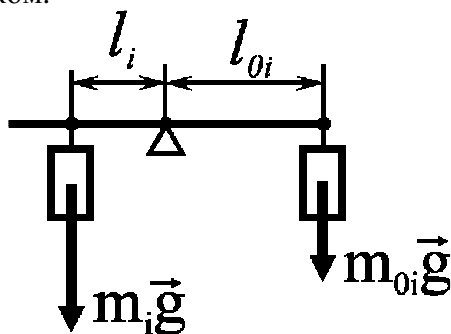
$$\rho = \frac{m_1}{V_1}, \quad (8)$$

$$\rho_{nl} = \frac{m_2}{V_2}, \quad (9)$$

$$\rho_n = \frac{m_3}{V_3}. \quad (10)$$

За допомогою шприца вимірюємо внутрішній об'єм коробочки V_0 . Для отримання більш достовірного результату об'єм пластиліну V_1 , суміші V_2 та піску V_3 повинні бути близькими до V_0 .

Помістивши досліджуваний зразок до коробочки, визначаємо його об'єм, доливаючи воду зі шприца так, щоб вона заповнювала коробочку. Масу зразків знаходимо за допомогою важеля (лінійки): на одне плече розташовуємо коробочку заповнену лише водою, а на інше – коробочку з відповідним зразком.



З урахуванням вище вказаного, формула (7) набуває вигляд

$$\alpha_M = \frac{1 - \frac{l_{0n} l_1 V_1}{l_{0c} l_2 V_2}}{1 - \frac{l_{0n} l_3 V_0 V_3}{l_2 V_2 (l_{0n} V_0 - l_3 V_4)}}, \quad (11)$$

де l_{0c} - плече коробочки з водою при зважуванні шматка суміші,

l_{0n} - плече коробочки з водою при зважуванні шматка пластиліну,

l_{0n} - плече коробочки з водою при зважуванні піску з водою,

l_1 - плече коробочки з сумішшю,

l_2 - плече коробочки з пластиліном,

l_3 - плече коробочки піску з водою,

V_4 - об'єм води у коробці з піском.

За результатами вимірювань отримано значення масової частки піску у суміші

$$\alpha_M = 0,5 \pm 0,1.$$

8 клас
Задача № 2

Обладнання:

Групове:

- ножиці,
- настінний годинник,
- ємність для зливу води,
- гаряча вода,
- скоч.

Індивідуальне:

- металева посудина,
- термометр,
- листовий теплоізолюючий матеріал,
- міліметровий папір.

Завдання:

1. побудувати графік залежностей температури води в металевій посудині (з теплоізоляцією та без неї) в діапазоні від $+50^{\circ}\text{C}$ до $+70^{\circ}\text{C}$ від часу;
2. визначить на скільки відсотків (по відношенню до неізольованої посудини) один шар теплоізолятора дозволяє максимально зменшити швидкість теплових втрат при температурі води $+60^{\circ}\text{C}$.

Заходи безпеки:

- Під час вимірювань металева посудина повинна знаходитись на поверхні робочого столу!
- Гарячу воду в посудину, за Вашим проханням, наливає черговий учитель!!!

Розв'язання.

1. Втрата теплоти води в посудині пропорційна зміні (зменшенню $-\Delta T$) її температури:

$$Q = -C\Delta T,$$

де C – теплоємність всієї води в посудині. Слід розуміти, що ця формула є наближеною, бо користуючись нею ми нехтуємо випаровуванням, яке призводить до зміни температури та маси води в калориметрі.

Швидкість теплових втрат (втрата в одиницю часу):

$$q = \frac{Q}{\Delta t} = -C \frac{\Delta T}{\Delta t}.$$

Якщо відома залежність температура води від часу $T(t)$, тоді швидкість зміни температури в будь-який момент часу (або при будь-якій температурі) пов'язана з нахилом графіку залежності $T(t)$ в цій точці.

В нашому випадку експериментальна залежність $T(t)$ задана в табличній (або в приблизній графічній формі). Тому $\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$ можна визначити для кількох різних наборів точок (t_1, T_1) , (t_2, T_2) в таблиці при T_1 і T_2 , близьких до температури $+60^{\circ}\text{C}$ (за умови $T_1 < +60^{\circ}\text{C} < T_2$ нахил залежності приблизно дорівнює нахилу відповідних хорд на графіку).

Відносне зменшення швидкості теплових втрат,

$$k = \frac{q - q_{\text{ізол}}}{q} = 1 - \frac{\Delta T_{\text{ізол}}}{\Delta T} \frac{\Delta t}{\Delta t_{\text{ізол}}},$$

де q , ΔT , Δq – швидкість теплових втрат, зміна температури, та час цієї зміни для неізольованої посудини;

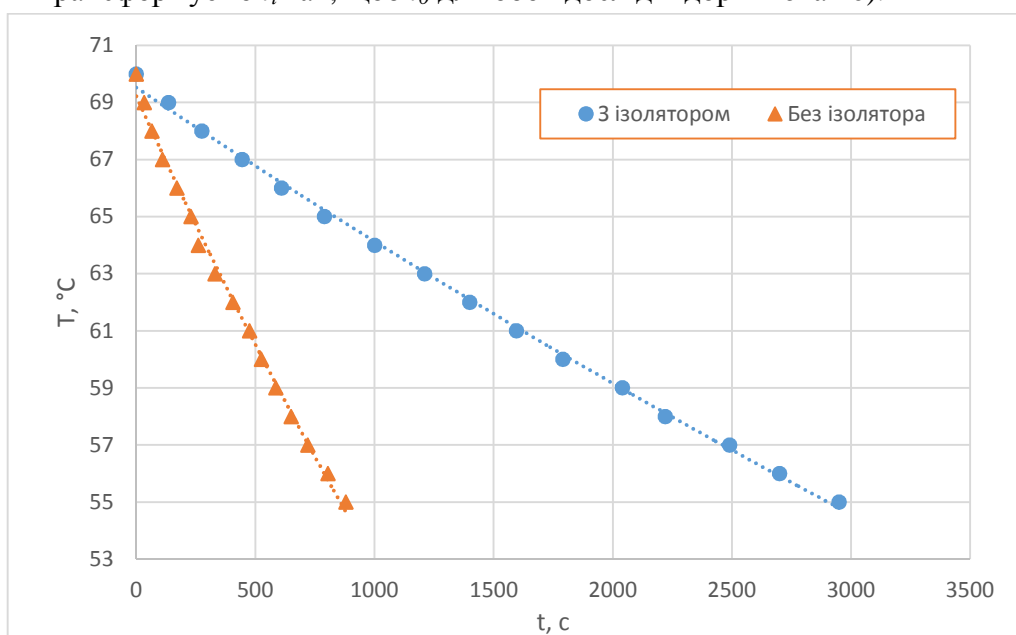
$q_{\text{ізол}}$, $\Delta T_{\text{ізол}}$, $\Delta q_{\text{ізол}}$ – ті ж самі величини для ізольованої посудини.

2. Перед тим, як заливати у посудину гарячу воду, скочем відмічаємо максимальний рівень води (кількість води в обох дослідах повинна бути однаковою).

Заливаємо воду, вставляємо термометр і відмічаємо момент t_0 , коли температура буде $+70^{\circ}\text{C}$. Далі фіксуємо моменти t_i , коли температура зменшується на певну кількість градусів (у наших дослідах цей крок складав 1°C). Усі ці дані заносимо до таблиці. Коли температура води стає меншою $+50^{\circ}\text{C}$, зливаємо її та ізолюємо зовні бічні стінки і дно посудини одним шаром ізоляції, за допомогою скочу (для зменшення теплових втрат відбиваючою поверхнею всередину). Вирізаємо також круг ізоляції для верхньої частини посудини і робимо в ній отвір для термометра. (Цей круг ізоляції, окрім іншого, дозволяє позбавитися втрат тепла внаслідок випаровування).

Знову заливаємо гарячу воду (до тієї ж позначки), закріплюємо скочем верхню ізоляцію і вставляємо термометр. Для того ж діапазону температур, з таким самим кроком фіксуємо моменти часу.

3. За табличними даними будуємо графік залежності $T(t)$ і $T_{\text{ізол.}}(t)$ (попередньо моменти трансформуємо t_i так, щоб t_0 для обох дослідів дорівнював 0).



Для трьох наборів (T_1, T_2) та $(T_1, T_2)^{\text{ізол.}}$:

1. $(59^{\circ}\text{C}, 61^{\circ}\text{C})$
2. $(58^{\circ}\text{C}, 62^{\circ}\text{C})$
3. $(57^{\circ}\text{C}, 63^{\circ}\text{C})$

розраховуємо: $k_1=0,75(3)$; $k_2=0,70(1)$; $k_3=0,69(5)$;

у якості шуканого вважаємо середнє значення $k=0,71$

За похибку беремо середнє відхилення $\Delta k=0,04$

Отже ізоляція зменшує швидкість теплових втрат нашої води при $+60^{\circ}\text{C}$ на 71%.

Відносна похибка вимірювань складає 6%.