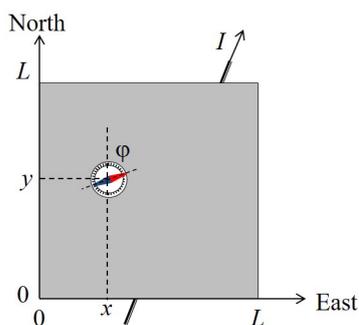


E1: Un filo nascosto

Apparato sperimentale e quesiti

Un filo di rame molto lungo corre orizzontalmente ad una profondità sconosciuta h sotto una superficie quadrata orizzontale di lato pari a $L = 100.0$ mm. I lati del quadrato sono orientati Ovest-Est (asse x) e Sud-Nord (asse y), come mostrato in figura. L'origine del sistema di coordinate coincide con l'angolo sud-ovest del quadrato. Il filo è collegato a una sorgente in corrente continua re-



golabile (non mostrata in figura), che può fornire una corrente I nell'intervallo da -5 A a 5 A. L'inversione del segno della corrente corrisponde ad un'inversione della polarità della sorgente. Una piccola bussola può essere posizionata sulla superficie quadrata, (che comprende la sua circonferenza) per rilevare il campo magnetico del filo attraverso l'angolo di deflessione φ tra l'ago magnetico e la direzione Nord (y). Valori φ positivi corrispondono ad una deflessione verso Est, come mostrato in figura, mentre φ negativi corrispondono ad una deflessione verso Ovest. Puoi supporre che:

- L'ago magnetico è un dipolo magnetico puntiforme, che può ruotare liberamente attorno all'asse verticale, cioè la bussola è sensibile solo alla componente orizzontale del campo magnetico.
- L'altezza dell'ago sopra la superficie è trascurabile rispetto alla profondità del filo sotto la superficie, cioè l'ago si trova nel piano xy .

Progetta il tuo esperimento ed effettua le simulazioni necessarie per eseguire le seguenti attività:

- Determina l'orientamento del filo rispetto al sistema di coordinate specificandone l'equazione nella forma: $y = ax + b$, e stima le incertezze dei parametri a e b . Disegna la posizione del filo su un grafico e indica la direzione corrispondente alla corrente positiva I .
- Determina la profondità h del filo sotto la superficie e la componente orizzontale B_E del campo magnetico terrestre. In questa attività non è necessario calcolare esplicitamente le incertezze sperimentali, tuttavia, i risultati finali devono essere rappresentati con un numero appropriato di cifre significative.

La permeabilità magnetica del vuoto è

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A.}$$

Descrizione del software di simulazione

Il programma "command line" simula la misurazione dell'angolo di deflessione φ dopo aver fornito la corrente I e posizionando la bussola alle coordinate x e y sulla superficie.

Un tipico output di un singolo ciclo di simulazione del programma è il seguente:

```
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: 3.4
Enter X (mm) between 0 and 100: 55
Enter Y (mm) between 0 and 100: 31
PHI = -33 degrees
-----
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: _
```

Primo, inserisci la corrente I in A (il numero tra -5.0 e 5.0), poi le coordinate x e y in mm (i numeri tra 0 e 100). Ciascun input è confermato premendo il tasto **Enter**. Il programma fornirà in uscita il valore di φ (PHI) in gradi (arrotondato a 1°) e ritorni allo stato iniziale.

La corrente inserita I sarà arrotondata a 0.1 A, le coordinate inserite x, y saranno arrotondate a 1 mm prima di essere utilizzate nella simulazione. (Non vengono forniti punti nel tentativo di inserire numeri più precisi).

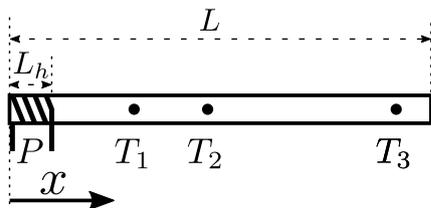
Ogni volta che cambi la posizione della bussola, la sua effettiva posizione usata nella simulazione differirà dalle coordinate inserite per un'incertezza di circa 0.5 mm. (È una simulazione della limitata precisione con cui si posiziona realmente un oggetto).

Ogni volta che hai necessità di uscire dal programma, premi **Ctrl+C**.

E2: Cilindro caldo

Introduzione

Un'asta metallica uniforme di lunghezza $L = 30$ cm e raggio $r = 1$ cm è costituita da un metallo sconosciuto e viene conservata a temperatura ambiente $T_0 = 26.9^\circ\text{C} = 300$ K. L'asta di metallo ha una massa $m = 460$ g. Il tuo compito è determinare le proprietà termiche del metallo sconosciuto. L'asta di metallo può essere riscaldata a una delle sue estremità e le misurazioni della temperatura possono essere eseguite in posizioni personalizzabili lungo l'asta. Il riscaldatore si trova tra $x = 0$ e $x = L_h = 3$ cm (vedi figura). Il riscaldatore può essere programmato specificando una potenza fissa (in watt) e la durata (in secondi) per la quale il riscaldatore viene acceso. Le misurazioni della temperatura vengono effettuate specificando fino a cinque posizioni per i sensori lungo l'asta, insieme alla frequenza, all'ora di inizio e all'ora di fine delle misurazioni. La simulazione mostrerà le letture della temperatura in "tempo reale" accelerato (circa 10 volte più veloce rispetto al mondo reale).



Si può presumere che tutta la potenza di riscaldamento vada nell'asta e che l'asta perda calore nell'ambiente circostante tramite il trasferimento di calore con l'aria e la radiazione di corpo nero. Il trasferimento di calore con l'aria è lineare nella temperatura dell'asta e può essere descritto da un coefficiente α tale che il trasferimento di calore per unità di area e per unità di tempo è $\alpha(T - T_0)$. L'aria è ben ventilata in modo che si possa assumere che α sia costante su tutta la superficie dell'asta e indipendente dalla temperatura della superficie. La perdita di calore tramite radiazione di corpo nero può essere descritta usando la legge di Stefan-Boltzmann modificata con emissività β tale che la perdita di calore per radiazione per unità di area e per unità di tempo è $\beta\sigma(T^4 - T_0^4)$ dove $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$. Similmente a α , si può assumere che l'emissività sia costante in tutta l'asta e indipendente dalla temperatura. L'asta è inoltre caratterizzata dalla conducibilità termica k (tale che il flusso di calore lungo x è $-kdT/dx$) e dal calore specifico c .

Quesito

Il compito è determinare il calore specifico del metallo sconosciuto, c (unità $\text{J}/(\text{Kkg})$), la conducibilità termica k (unità $\text{W}/(\text{mK})$), e i coefficienti della perdita di calore α (unità $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$) e β (adimensionale). Dovresti tentare di trovare i valori in un intervallo di incertezza del 10% del valore vero. Questo perché ci sono varie fonti di errore, come le fluttuazioni gaussiane sia nella definizione delle posizioni dei sensori, sia nelle misurazioni della temperatura. Le dimensioni degli errori possono essere trovate osservando le fluttuazioni nell'output.

Come per tutti gli esperimenti, devi fornire tabelle di dati chiaramente etichettate, grafici chiaramente etichettati e derivazioni di formule sufficienti per chiarire cosa hai misurato e come stai ricavando i tuoi risultati.

Interfaccia del programma

L'esecuzione del programma di simulazione, denominato **rod**, consente di eseguire più esperimenti sull'asta. Il programma chiederà una sequenza di richieste di inserimento dati riguardanti l'impostazione dell'esperimento. Per ogni prompt, devono essere immessi i valori corrispondenti, quindi premere **return** per passare al prompt successivo. I prompt sono i seguenti:

1. La potenza di riscaldamento del riscaldatore:
Enter P (W), between 0 and 300:
2. La durata dopo l'inizio dell'esperimento per la quale il riscaldatore è acceso (dopo questo tempo, il riscaldatore sarà spento):
Enter heating duration (s), between 0 and 3600s:
3. I tempi di inizio e fine (dopo l'inizio dell'esperimento) per le misurazioni della temperatura effettuate sull'asta:
Enter the starting and finishing time for the measurements (s), separated by a space. Must be between 0 e 3600s:
4. L'intervallo di tempo tra due misurazioni consecutive effettuate con i sensori di temperatura:
Enter dt (s), between 5 and 3600s and a multiple of 5s:
5. Le posizioni dei sensori di temperatura lungo l'asta. Le coordinate sono specificate rispetto alla fine del riscaldatore:
Enter up to 5 locations for the sensors (in cm), between $L=0$ and $L=30$ cm, separated by spaces:
Nota che non inserire alcun numero significa semplicemente non effettuare alcuna misurazione.
6. Il nome del file di output per le letture della temperatura. Nota che tutte le letture salvate verranno visualizzate anche sullo schermo:
Enter the output file name:
Si consiglia di utilizzare solo lettere e numeri latini per il nome. Altri caratteri possono o non possono essere consentiti nel nome del file e in caso di un nome di file non valido, le letture non verranno salvate. Le letture verranno salvate in un file .txt con il nome dato nella stessa cartella del programma.

Se si inserisce un input non valido, verrà inviato un messaggio di errore chiarificatore e verrà data un'altra opportunità di inserimento.

Il programma chiederà quindi di premere **return** per avviare l'esperimento, o digitare restart e premere **return** per reinserire tutti i parametri sperimentali. Dopo aver continuato con la simulazione, il programma visualizzerà un riepilogo della configurazione sperimentale, quindi inizierà a mostrare il tempo trascorso dall'accensione del riscaldatore ($t(s)$) e tutte le letture del sensore nello stesso ordine in cui sono stati inseriti

nel prompt (T_i (°C), dove "i" corrisponde al sensore *i*-esimo).

Al termine della simulazione, è possibile avviare un nuovo esperimento digitando `restart` e premendo **return**.