

Laboratorio di Calcolo per Fisici, Seconda esercitazione

Canale Pb-Z, Docente: Lilia Boeri

Lo scopo della seconda esercitazione di laboratorio è di scrivere da zero dei semplici programmi in C usando le funzioni della libreria matematica `math.h` e di familiarizzare con i diversi comandi di *formattazione* dell'output per realizzare diversi tipi di grafico.

► Prima parte:

1. Scrivere da zero il programma C `matematica.c` che, utilizzando la libreria matematica esterna `math.h`, calcoli correttamente e stampi su schermo i valori delle seguenti espressioni:

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \quad 8 + 7 \quad \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \quad 3.2 + 8.4 \quad \tanh(1) \quad 2^2 + 4^2 \quad \sinh(0) \quad \sqrt{36}$$

2. **Attenzione!** Per *linkare* la libreria `math.h` bisogna inserire un opportuno comando nell'*header* del programma, e chiamare il compilatore `gcc` con l'opzione `-lm`, cioè:

```
1 gcc matematica.c -lm -o matematica.x
```

3. Una volta verificato che il programma calcola esattamente le quantità richieste, utilizzare i comandi di formattazione del C per stampare i risultati su due righe con i seguenti formati:

- *per i numeri interi*: una larghezza minima di tre caratteri;
- *Per i numeri in virgola mobile*: quattro cifre dopo la virgola.

Suggerimento: Nella stringa di formattazione oltre ai caratteri relativi al formato delle variabili si possono inserire lettere, numeri e caratteri speciali.

4. Aggiungere al programma un messaggio iniziale, che viene stampato prima della lista di numeri, del tipo:
Benvenuto! Questo è un programma dimostrativo delle funzioni della libreria `math.h`.
5. Aggiungere una sezione di programma che chieda all'utente di inserire il proprio nome come *stringa* e lo stampi all'interno del messaggio di benvenuto; il risultato finale deve essere qualcosa del tipo:
Benvenuto Marco! Questo è un programma dimostrativo delle funzioni della libreria `math.h`.

► Seconda parte: Un moto circolare uniforme sul piano (x, y) è descritto dalle equazioni:

$$\begin{cases} x(t) = R \cos(\omega t) \\ y(t) = R \sin(\omega t), \end{cases}$$

dove R è il raggio della traiettoria e ω la velocità angolare. L'obiettivo della seconda parte dell'esercitazione è quello di scrivere un programma `motocircolare.c` che utilizzi la libreria `math.h` per risolvere le equazioni della traiettoria per $R = 6.2$ m, $\omega = 0.1$ rad/s e stampi i risultati in maniera opportuna.

1. Scrivere un programma `circle.c` che calcoli i valori di $x(t)$ e $y(t)$ per i valori: $t = 0$, $t = 0.5$, $t = 10$, $t = 20$ s. Verificare che i risultati ottenuti con il programma riproducano quelli che si otterrebbero risolvendo *a mano* le equazioni del moto.
2. Inserire un blocco di programma che chieda all'utente di inserire il valore del tempo t da tastiera, e usi il valore inserito per calcolare e stampare i valori di x e y nel formato:
 $(x,y) = \dots, \dots$
3. Una volta verificato che il programma produce risultati corretti, riformattare l'output in modo da stampare i tre valori t, x, y su tre colonne, separate da spazi vuoti, come nell'esempio sottostante (stampare almeno 4 cifre decimali):
2.5000 4.3841 4.3841
4. *Suggerimento:* Per modificare piccole parti di programma senza cancellare quello che si è fatto in precedenza può essere utile inserire un *commento*. In C un commento è racchiuso dai delimitatori `/*` e `*/`, come nell'esempio sottostante:

```
/* Questo è un commento */
```

oppure è sufficiente iniziare la linea con `//`, ovvero:

```
// Anche questo è un commento
```

► Terza parte (obbligatoria)

In questa terza parte dell'esercitazione useremo il programma `circle.c` per studiare l'andamento del moto circolare uniforme, utilizzando python.

1. Eseguire il programma `circle.c` un numero di volte sufficiente ad avere una distribuzione di punti su tutta la traiettoria circolare; salvare i risultati su un file `traiettoria.dat` che contenga tre colonne t, x, y , come nel punto 4. del precedente esercizio. *Ricordatevi che se volete inserire un'intestazione in un file di dati letto tramite `loadtxt` in python, dovete aggiungere il parametro `comments='#'`, assumendo che i commenti inizino con il simbolo `#`.*
2. Utilizzare python per graficare la traiettoria, plottando y in funzione di x . *Per plottare solo due colonne di un file che ne contiene molte, la funzione `loadtext` va chiamata con il parametro `usecols=(i,j)`, dove i e j sono le colonne da plottare (partendo da 0, che indica la prima colonna). Nel nostro caso, se volessimo plottare solo la seconda e la terza colonna il comando completo da usare nello script python diventerebbe:*

```
np.loadtxt('traiettoria.dat', comments=['#'], usecols=(1:2), unpack=True)
```

3. Creare altri due grafici che mostrino l'andamento della coordinata x e della coordinata y in funzione del tempo, rispettivamente.
4. Salvare i tre grafici in tre file separati, chiamati: `traiettoria.png`; `x.png`; `y.png`. *Per salvare i grafici con `matplotlib`, bisogna usare il seguente comando python*

```
plt.savefig('traiettoria.png')
```

5. Se i grafici sono corretti, dovrete saper rispondere alle seguenti domande:

- (a) quanto vale il raggio della traiettoria?
- (b) Qual è l'equazione della traiettoria? (*Per equazione della traiettoria si intende un'espressione del tipo $f(x,y) = c$ soddisfatta da tutti i punti della traiettoria*).
- (c) Qual è il *periodo* della traiettoria?
- (d) In quali punti sono massimi/minimi i valori di $x(t)$ e $y(t)$? (*Scrivere le risposte su un file di testo `risposte.txt`*).

► **Quarta parte (facoltativa)**

L'andamento delle *componenti* della velocità in un moto circolare uniforme è dato da:

$$\begin{cases} v_x(t) = -\omega R \sin(\omega t) \\ v_y(t) = \omega R \cos(\omega t), \end{cases}$$

- 1. Modificare il programma `circle.c` per calcolare anche la velocità del punto lungo la traiettoria.
- 2. Graficare l'andamento della velocità in funzione del tempo lungo la traiettoria: quanto vale il *modulo della velocità*? In che direzione punta il *vettore velocità* per $t = 0$? E per $t = 10$? In quali punti sono massimi/minimi i valori di $v_x(t)$ e $v_y(t)$? Qual è il significato fisico di quello che osservate? (*Scrivere le risposte sul file di testo `risposte.txt` creato in precedenza*).
- 3. Disegnare il vettore velocità lungo la traiettoria, come una freccia che punta nella direzione corretta sfruttando il seguente codice *python*:

```
x, y, vx, vy = np.loadtxt('temp.dat', usecols=(0,1,2,3), unpack=True)
for cc in range(0, len(x)):
    xi = x[cc]
    yi = y[cc]
    vxi = vx[cc]
    vyi = vy[cc]
    plt.arrow(xi, yi, vxi, vyi, width=0.2, head_width=0.5, head_length=0.3, fc='r', ec='r')
```

che disegna `len(x)` frecce di lunghezza (v_x, v_y) nei punti (x, y) .

Funzioni più comuni della libreria **math.h**:

acos arcocoseno
asin arcseno
atan arcotangente
atan2 arcotangente di due parametri
ceil il più piccolo intero non minore del parametro
cos coseno
cosh coseno iperbolico
exp(double x) funzione esponenziale, calcola e^x
fabs valore assoluto
floor il più grande intero non maggiore del parametro
fmod resto del numero in virgola mobile
frexp frazione e potenza di due.
ldexp operazione in virgola mobile
log logaritmo naturale
log10 logaritmo in base 10
pow(x, y) eleva un valore dato ad esponente, x^y
sin seno
sinh seno iperbolico
sqrt radice quadrata
tan tangente
tanh tangente iperbolica