

Commento al codice

Sezione linguaggio C

- Struct parametri
- Funzione forza

Nello spazio globale viene inizialmente definita una **struct** *parametri(par)* nella quale si trovano tutte le variabili fisiche necessarie allo studio del moto del pendolo in questione. Per ognuna di esse vengono dichiarati una stringa nel formato **char** *nome_variabile[n_caratteri_massimo]* e un variabile numerica **float** *nome_variabile*. In seguito, sempre nello spazio globale si trova la funzione che va a calcolare la forza per questo sistema fisico, di tipo float.

Librerie

Si è resa necessaria la creazione di alcune librerie complementari al funzionamento del sorgente. Una di esse, *controlli.c* con *controlli.h*, è quella contenente i controlli da eseguire nel corso dell'esecuzione del codice sui parametri inseriti dall'utente e su quelli già presenti nel file di input. La seconda, *integratore.c* con *integratore.h*, si rivela utile per la risoluzione numerica delle equazioni del moto del pendolo. Essa infatti ospita l'algoritmo *velocity_verlet* che ha lo scopo appena presentato.

Sezione main()

Inizialmente si leggono eventuali valori passati da terminale e se validi si memorizzano nell'oggetto di tipo *par* e si utilizzano per lo studio del sistema. Inoltre si chiede all'utente l'approvazione per procedere nell'esecuzione della simulazione.

Viene poi dichiarato il vettore **float** *riga_output[5]* necessario per salvare di volta in volta i valori da salvare poi nel file di output. Si procede quindi ad aprire il file di input contenente le condizioni iniziali del moto e le costanti da utilizzare per lo studio dello stesso.

All'interno del ciclo (*for*), che scorre il file, vengono di volta in volta estratte le variabili, di cui sopra, e salvate nell'oggetto **par** *input*. Si noti come il tutto è costruito in modo tale da prevedere qualsiasi variazione nell'ordine delle variabili nel suddetto file. A questo punto viene definito il file di output sfruttando quanto presente nel file di input.

Si utilizza poi la libreria *controlli.c* con *controlli.h* al fine di valutare la validità dei dati in input. Se il controllo non va a buon fine l'esecuzione viene bloccata e si esce dal programma, tramite un **return 1**. Altrimenti il codice prosegue e restituisce all'utente un messaggio di conferma.

A questo punto si inseriscono gli **header** (**#HDR**) nel file di output. Da qui in poi inizia la simulazione vera e propria. In particolare, per ogni istante di tempo, viene eseguito *velocity_verlet* e quindi popolato il suddetto file di output.

Vengono quindi chiusi i file e terminato il codice.

Sezione Python

Moduli

Si è resa necessaria la creazione di alcuni moduli complementari al funzionamento del sorgente. Uno di essi, *energie.py*, è quello contenente le funzioni, *energia_cinetica* ed *energia_potenziale*, che hanno lo scopo, per l'appunto, di calcolare l'energia cinetica e quella potenziale del sistema in ogni istante. Il secondo, *valori_teorici.py*, si utilizza per calcolare i valori teorici dell'angolo e della velocità angolare del pendolo, per piccole oscillazioni.

Notebook

Inizialmente si importano i dati dal file di output e, per ogni istante di tempo, si calcolano i valori teorici di *omega* e *theta* nell'approssimazione delle piccole oscillazioni. Essi sono necessari per lo sviluppo della funzione errore *e(t)*.

Si procede poi al calcolo delle energie tramite il modulo *energie.py*.

Con il modulo *numpy* si realizzano i grafici:

- *Theta* in funzione del tempo *t*. Questo grafico ha inoltre lo scopo di confrontare il valore di *theta* teorico con quello numerico.
- Funzione errore *e(t)*
- Grafico (*theta*, *omega*) per ogni istante di tempo
- *Energia totale* in funzione del *tempo*. Viene inoltre calcolato l'errore relativo nel calcolo dell'energia.

Per verificare la stabilità della simulazione quest'ultima è stata eseguita più volte mantenendo costanti le condizioni iniziali (variandole solo per eventuali casi limite) e variando l'incremento di tempo *dt*.

Dati dei valori iniziali (prima riga del file di output), il valore dell'energia totale viene calcolato una prima volta. Quest'ultimo valore, per tale configurazione, deve conservarsi lungo tutta la simulazione. Pertanto, dato un valore di riferimento iniziale, si è confrontato istante per istante l'energia calcolata.