



Scarica
il file .py

Il moto rettilineo uniformemente accelerato: dalla legge al grafico

OBIETTIVO Dati la posizione iniziale, la velocità iniziale e l'intervallo di tempo durante il quale desideriamo studiare il moto, rappresentare i grafici spazio-tempo e velocità-tempo di un moto uniformemente accelerato.

LA FISICA COINVOLTA

La legge oraria del moto rettilineo uniformemente accelerato fornisce la posizione s di un punto materiale in funzione del tempo t , note l'accelerazione a , la posizione iniziale s_0 e la velocità iniziale v_0 rilevate al tempo iniziale t_0 .

$$s = s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \quad [P1]$$

Per quanto riguarda la velocità del punto materiale, vale la formula:

$$v = v_0 + a(t - t_0) \quad [P2]$$

Vogliamo tradurre queste leggi in espressioni comprensibili al calcolatore e che consentano al programma di simulare la fisica del moto uniformemente accelerato di un punto materiale.

IL PROGRAMMA IN PYTHON PASSO DOPO PASSO

Esaminiamo il codice del programma blocco per blocco, secondo l'ordine delle righe. I numeri di riga che leggiamo a sinistra nelle immagini coincidono con quelli che ci mostra Thonny quando apriamo il programma.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 import numpy as np
3
```

Le righe 1 e 2 si occupano di importare all'interno del programma i moduli necessari alla creazione dei grafici (matplotlib) e alla gestione degli array per le varie grandezze fisiche in gioco (numpy).

Successivamente inizializziamo tutte le variabili necessarie a contenere le grandezze fisiche che definiscono il moto.

Suggerimento Ricordiamo che i valori salvati in una variabile sono numeri privi di unità di misura, quindi è buona norma scrivere in un commento l'unità di misura di ogni grandezza a fianco della rispettiva inizializzazione di variabile. In questo modo non dovremo tenere a mente le unità di misura che stiamo utilizzando e sapremo sempre le unità di misura dei risultati ottenuti.

```
4 #####
5 #DATI INIZIALI
6 tempo_iniziale = 5.0 #s
7 tempo_finale = 10.0 #s
8 posizione_iniziale = 0.0 #m
9 velocita_iniziale = 10.0 #m/s
10 accelerazione = -4.5 #m/s^2
11 numero_istanti = 21 #numero di istanti presenti sull'asse del tempo
12 t = np.linspace(tempo_iniziale, tempo_finale, numero_istanti) #s
13 #####
```

La riga 6 definisce l'istante iniziale (in secondi) di osservazione del moto, che viene salvato nella variabile `tempo_iniziale`. Analogamente, `tempo_finale` alla riga 7 contiene il valore in secondi dell'istante finale di osservazione del moto. Le variabili `posizione_iniziale` e `velocita_iniziale`, inizializzate alle righe 8 e 9, contengono la posizione e la velocità del

punto materiale all'istante iniziale `tempo_iniziale`. Sono misurate rispettivamente in m e m/s. La riga 10 definisce l'accelerazione costante del moto in m/s^2 e la assegna alla variabile `accelerazione`.

Dobbiamo ora definire una sequenza di istanti di tempo, compresi tra il tempo iniziale e quello finale, ai quali misurare la posizione e la velocità del moto. Il numero di istanti, 21 in questo caso, è fissato alla riga 11, mentre l'array contenente i diversi istanti è definito alla riga 12 e si chiama `t`.

Per poter calcolare la posizione del moto ai diversi istanti, dobbiamo ora inserire nel programma la legge oraria.

```
15 #
16 #LEGGE ORARIA DEL MOTO RETTILINEO UNIFORME
17 velocita = velocita_iniziale + accelerazione * (t - tempo_iniziale)
18 posizione = posizione_iniziale + velocita_iniziale * (t-tempo_iniziale) + 1/2 * accelerazione * (t-tempo_iniziale)**2
19 #
```

La riga 17 traduce l'equazione [P2] in linguaggio Python. La riga 18 implementa la legge oraria del moto rettilineo uniforme [P1]. Le variabili `posizione` e `velocita` sono array, di lunghezza pari a quella dell'array `t`, che contengono i valori di posizione e velocità nei diversi istanti di `t`.

La parte di codice che segue serve a creare il grafico. Per i dettagli di questa sezione del codice facciamo riferimento alla scheda introduttiva sulla programmazione in Python, nella quale illustriamo come creare grafici con matplotlib.

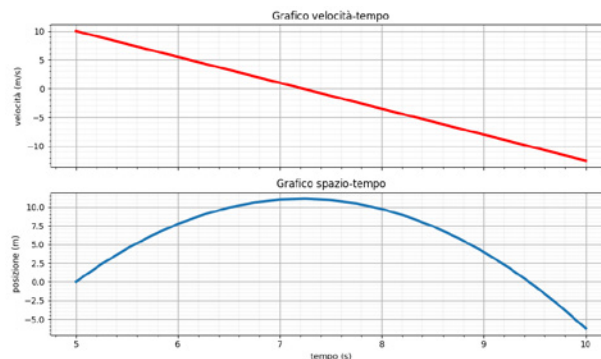
```
21 #
22 #CREAZIONE DEL GRAFICO
23 fig, grafici = plt.subplots(nrows=2, ncols=1, figsize=(10,6), sharex=True)
24 grafici[0].plot(t, velocita, color='r', linestyle='-', linewidth=3.0)
25 grafici[0].set_ylabel("velocità (m/s)")
26 grafici[0].set_title("Grafico velocità-tempo")
27 grafici[0].minorticks_on()
28 grafici[0].grid(which='major', axis='both', linewidth=1.0)
29 grafici[0].grid(which='minor', axis='both', linestyle="—", linewidth=0.2)
30 grafici[1].plot(t, posizione, linewidth=3.0)
31 grafici[1].set_xlabel("tempo (s)")
32 grafici[1].set_ylabel("posizione (m)")
33 grafici[1].set_title("Grafico spazio-tempo")
34 grafici[1].minorticks_on()
35 grafici[1].grid(which='major', axis='both', linewidth=1.0)
36 grafici[1].grid(which='minor', axis='both', linestyle="—", linewidth=0.2)
37 plt.show()
38 #
```

Questa parte del programma crea una figura che contiene due grafici, `grafici[0]` e `grafici[1]`, che rappresentano rispettivamente il grafico velocità-tempo e il grafico spazio-tempo. Entrambi sono grafici a linea: nel primo rappresentiamo l'array `velocita` rispetto all'array `t` (riga 24), nel secondo l'array `posizione` rispetto all'array `t` (riga 30). I due grafici condividono lo stesso asse delle ascisse, cioè l'asse del tempo, grazie al parametro `sharex=True` di riga 23.

Le righe da 25 a 29 aggiungono gli elementi grafici necessari per il grafico velocità-tempo, le righe da 31 a 36 fanno lo stesso per il grafico spazio-tempo. Infine, la riga 37 mostra il grafico all'interno della finestra aperta da Thonny al momento dell'esecuzione del programma.

I RISULTATI

Quando eseguiamo il programma all'interno di Thonny, otteniamo il risultato seguente.



Prestiamo attenzione al fatto che l'asse dei tempi è comune a entrambi i grafici. Osserviamo che la velocità decresce uniformemente per tutta la durata del moto, infatti l'accelerazione, pari a $-4,5 \text{ m/s}^2$, è negativa. La posizione del corpo inizialmente aumenta, poi diminuisce dall'istante 7,2 s in poi, ovvero il punto materiale torna indietro.

SPERIMENTIAMO

Possiamo compiere qualche sperimentazione con il programma, cambiando i valori di:

- posizione iniziale del corpo, definita alla riga 8;
- velocità iniziale del corpo, definita alla riga 9;
- accelerazione, assegnata alla riga 10;
- intervallo di tempo di osservazione, definito dai valori delle variabili `tempo_iniziale` e `tempo_finale` nelle righe 6 e 7.

Se assegniamo 0 alla variabile accelerazione di riga 10 ed eseguiamo il programma otteniamo la simulazione di un moto rettilineo uniforme che si svolge a velocità costante definita alla riga 9: abbiamo riprodotto il moto rettilineo uniforme come caso particolare del moto uniformemente accelerato.

Ora disponiamo di un laboratorio virtuale in cui simulare tutti i possibili moti uniformemente accelerati. Per esempio, possiamo sperimentare i moti di caduta dei corpi, a velocità molto più elevate di quelle ottenibili in laboratorio, oppure simulare la caduta di un sasso su Marte, assegnando alla variabile accelerazione di gravità (riga 10) il valore $-3,712 \text{ m/s}^2$.

Osserviamo che, muovendo il cursore sul grafico, possiamo leggerne le coordinate in basso a destra. Questo ci consente di risolvere esercizi come il seguente.

ESERCIZIO

Sei su Marte e lanci verso l'alto un sasso, che si separa dalla tua mano con una velocità iniziale di 5 m/s , a una altezza di $2,10 \text{ m}$ dal suolo.

- Qual è la massima altezza raggiunta dal sasso?
- Quando tempo impiega a cadere?

Risolvi questo esercizio usando il programma e poi in maniera algebrica.