



1506  
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI URBINO  
CARLO BO

## Relazione relativa al progetto d'esame di Programmazione Logica e Funzionale

sessione estiva — a.a. 2023/2024

Corso di Laurea in Informatica Applicata  
Università di Urbino

STUDENTI:

Barzotti Nicolas  
matricola: 313687  
Ramagnano Gabriele  
matricola: 315439

DOCENTE:

Marco Bernardo

# Indice

<b>1 Specifica del Problema</b>	<b>2</b>
<b>2 Analisi del Problema</b>	<b>3</b>
2.1 Dati di Ingresso del Problema . . . . .	3
2.2 Dati di Uscita del Problema . . . . .	3
2.3 Relazioni Intercorrenti tra i Dati del Problema . . . . .	3
<b>3 Progettazione dell'Algoritmo</b>	<b>7</b>
3.1 Scelte di Progetto . . . . .	7
3.2 Passi dell'Algoritmo . . . . .	7
<b>4 Implementazione dell'algoritmo</b>	<b>10</b>
4.1 Haskell . . . . .	10
4.2 Prolog . . . . .	10
<b>5 Testing</b>	<b>11</b>
5.1 Haskell . . . . .	11
5.2 Prolog . . . . .	24

# 1 Specifica del Problema

Scrivere un programma Haskell e un programma Prolog che, per ogni simulazione numerica da effettuare, acquisiscono da tastiera un insieme finito di parametri numerici e poi stampano su schermo il risultato del calcolo numerico. Per simulazione numerica intendiamo la simulazione di un processo fisico mediante calcolatore, ove con simulazione di un processo fisico si fa riferimento alla rappresentazione, eventualmente approssimata, di tale processo mediante la risoluzione di equazioni e modelli matematici al calcolatore<sup>1</sup>. Le simulazioni numeriche coinvolte sono quattro: integrazione di equazioni differenziali di moto fugoide senza attrito, di moto fugoide con attrito, di convezione lineare a una dimensione ed di Burgers a una dimensione.

---

<sup>1</sup>[https://www.treccani.it/enciclopedia/simulazioni-di-processi-fisici-mediante-calcolatore\\_\(Encyclopaedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/simulazioni-di-processi-fisici-mediante-calcolatore_(Encyclopaedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)

## 2 Analisi del Problema

### 2.1 Dati di Ingresso del Problema

I dati in ingresso al problema sono stati suddivisi in base all'equazione da integrare numericamente, ne segue quindi la loro descrizione.

#### Fugoide Senza Attrito

Il dato in ingresso è un numero reale maggiore di zero. Questo rappresenta il passo temporale per l'integrazione dell'equazione del moto fugoide senza attrito.

#### Fugoide Con Attrito

Il dato in ingresso è un numero reale maggiore di zero. Questo rappresenta il passo temporale per l'integrazione dell'equazione del moto fugoide con attrito.

#### Convezione

I dati in ingresso per l'integrazione dell'equazione di convezione sono:

1. un numero naturale, rappresenta il numero di punti della funzione d'onda;
2. un numero reale maggiore di zero, rappresenta la lunghezza del passo temporale.

#### Burgers

Il dato in ingresso per l'integrazione dell'equazione di Burgers è un numero naturale. Questo rappresenta il numero di punti della funzione d'onda.

### 2.2 Dati di Uscita del Problema

#### Fugoide Senza Attrito

Il dato in uscita dell'integrazione dell'equazione del moto fugoide senza attrito è una sequenza di numeri reali che rappresentano la funzione di traiettoria dell'areomobile.

#### Fugoide Con Attrito

Il dato in uscita dell'integrazione dell'equazione del moto fugoide con attrito è una sequenza di numeri reali che rappresentano la funzione di traiettoria dell'areomobile.

#### Convezione

Il dato in uscita dell'integrazione dell'equazione di convezione lineare a una dimensione è una sequenza di numeri reali che rappresentano i valori finali della funzione d'onda quadra.

#### Burgers

Il dato in uscita all'integrazione dell'equazione di Burgers a una dimensione è una sequenza di numeri reali che rappresentano i valori finali della funzione a dente di sega.

### 2.3 Relazioni Intercorrenti tra i Dati del Problema

#### Fugoide Senza Attrito

L'equazione per il moto di fugoide senza attrito è un'equazione differenziale ordinaria del secondo ordine:

$$z(t)'' = g - \frac{g z(t)}{z_t} = g \left(1 - \frac{z(t)}{z_t}\right). \quad (1)$$

Possiamo trasformare questa equazione del secondo ordine in un sistema di equazioni del primo ordine:

$$z'(t) = b(t) \quad (2)$$

$$b'(t) = g \left( 1 - \frac{z(t)}{z_t} \right). \quad (3)$$

Un altro modo di considerare un sistema di due equazioni ordinarie del primo ordine è scrivere il sistema differenziale come un'unica equazione vettoriale:

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} z \\ b \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\vec{u}'(t) = \begin{pmatrix} b \\ g - g \frac{z(t)}{z_t} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

La soluzione approssimativa al tempo  $t_n$  è  $u_n$  e la soluzione numerica dell'equazione differenziale consiste nel calcolare una sequenza di soluzioni con la seguente equazione:

$$u_{n+1} = u_n + \Delta t f(u_n) + O(\Delta t)^2. \quad (6)$$

Questa formula è chiamata metodo di Eulero. Per le equazioni di moto fugoide, il metodo di Eulero fornisce il seguente algoritmo:

$$z_{n+1} = z_n + \Delta t b_n \quad (7)$$

$$b_{n+1} = b_n + \Delta t \left( g - \frac{g}{z_t} z_n \right) \quad (8)$$

dove:

- $\Delta t$  è la lunghezza del passo temporale;
- $g$  è la forza gravitazionale terrestre;
- $z_n$  è l'altitudine del velivolo al passo  $n$ ;
- $z_t$  è l'altitudine centrale del velivolo;
- $b_n$  è la velocità del velivolo al passo  $n$ .

Il numero di passi di simulazione  $n$  viene calcolato  $n = \frac{T}{\Delta t}$ , dove  $T$  è il tempo totale di simulazione. La condizione iniziale è il valore della derivata al tempo  $t = 0$  ed è l'altitudine iniziale del velivolo  $z_0$ .

### Fugoide Con Attrito

L'equazione per il moto fugoide con attrito è un sistema di equazioni differenziali ordinarie del primo ordine:

$$m \frac{dv}{dt} = -W \sin \theta - D \quad (9)$$

$$mv \frac{d\theta}{dt} = -W \cos \theta + L. \quad (10)$$

Per visualizzare le traiettorie di volo previste da questo modello, che dipendono sia dalla velocità di avanzamento  $v$  sia dall'angolo della traiettoria  $\theta$ , occorre calcolare la posizione dell'aliante ad ogni istante di tempo  $t$ . La posizione dell'aliante su un piano verticale sarà determinata dalle coordinate  $(x, y)$ :

$$x'(t) = v \cos(\theta) \quad (11)$$

$$y'(t) = v \sin(\theta). \quad (12)$$

L'intero sistema di equazioni discretizzate con il metodo di Eulero è:

$$v^{n+1} = v^n + \Delta t \left( -g \sin \theta^n - \frac{C_D}{C_L} \frac{g}{v_t^2} (v^n)^2 \right) \quad (13)$$

$$\theta^{n+1} = \theta^n + \Delta t \left( -\frac{g}{v^n} \cos \theta^n + \frac{g}{v_t^2} v^n \right) \quad (14)$$

$$x^{n+1} = x^n + \Delta t v^n \cos \theta^n \quad (15)$$

$$y^{n+1} = y^n + \Delta t v^n \sin \theta^n. \quad (16)$$

Scritto in forma vettoriale risulta:

$$u'(t) = f(u)$$

$$u = \begin{pmatrix} v \\ \theta \\ x \\ y \end{pmatrix} \quad f(u) = \begin{pmatrix} -g \sin \theta - \frac{C_D}{C_L} \frac{g}{v_t^2} v^2 \\ -\frac{g}{v} \cos \theta + \frac{g}{v_t^2} v \\ v \cos \theta \\ v \sin \theta \end{pmatrix} \quad (17)$$

dove:

- $\Delta t$  è la lunghezza del passo temporale;
- $g$  è la forza gravitazionale terrestre;
- $x$  è lo spostamento orizzontale del velivolo;
- $y$  è l'altitudine del velivolo;
- $v$  è la velocità del velivolo;
- $v_t$  è la velocità di trim;
- $\theta$  è l'angolo d'inclinazione del velivolo;
- $C_D$  è il coefficiente di resistenza dell'aria;
- $C_L$  è il coefficiente di portanza.

Il numero di passi di simulazione  $n$  viene calcolato  $n = \frac{T}{\Delta t}$ , dove  $T$  è il tempo totale di simulazione. Le condizioni iniziali sono rappresentate dalle costanti di integrazione definite dal valore della derivata al tempo  $t = 0$ :

$$\begin{aligned} v(0) &= v_0 \quad \text{and} \quad \theta(0) = \theta_0 \\ x(0) &= x_0 \quad \text{and} \quad y(0) = y_0. \end{aligned}$$

### Convezione

L'equazione di convezione lineare unidimensionale è un'equazione differenziale alle derivate parziali:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + c \frac{\partial u}{\partial x} = 0. \quad (18)$$

Per la soluzione numerica di  $u(x, t)$  si sono utilizzati i pedici per denotare la posizione spaziale, come in  $u_i$ , e gli apici per denotare l'istante temporale, come in  $u^n$ :

$$\begin{array}{ccc} \bullet & \bullet & \bullet \\ u_{i-1}^{n+1} & u_i^{n+1} & u_{i+1}^{n+1} \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ u_{i-1}^n & u_i^n & u_{i+1}^n \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ u_{i-1}^{n-1} & u_i^{n-1} & u_{i+1}^{n-1}. \end{array}$$

L'equazione per fornire la soluzione numerica del problema è data da:

$$u_i^{n+1} = u_i^n - c \frac{\Delta t}{\Delta x} (u_i^n - u_{i-1}^n) \quad (19)$$

dove:

- $\Delta t$  è la lunghezza del passo temporale;
- $\Delta x$  è la lunghezza del passo spaziale;
- $c$  è la velocità dell'onda.

Le condizioni iniziali per una funzione d'onda quadra sono definite così:

$$u(x, 0) = \begin{cases} 2 & \text{dove } 0.5 \leq x \leq 1, \\ 1 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (20)$$

dove il dominio della soluzione numerica è definito in  $x \in (0, 2)$ . In questo modo la lunghezza del passo spaziale viene calcolata come  $\Delta x = \frac{|d|}{n-1}$ , dove  $|d|$  è la distanza tra l'estremo inferiore e l'estremo superiore del dominio della soluzione numerica,  $n$  il numero di punti della funzione d'onda discretizzata. Il numero totale di passi temporali  $i$  è invece costante. Poniamo inoltre delle condizioni al contorno su  $x$  in modo tale da ottenere il primo punto della funzione invariato per tutto il calcolo:

$$u(0, t) = c \quad (21)$$

dove  $c$  è una costante e il suo valore è pari al valore del primo punto della funzione.

## Burgers

L'equazione di Burgers unidimensionale è un'equazione differenziale alle derivate parziali:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}. \quad (22)$$

L'equazione per fornire la soluzione numerica del problema è data da:

$$u_i^{n+1} = u_i^n - u_i^n \frac{\Delta t}{\Delta x} (u_i^n - u_{i-1}^n) + \nu \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n) \quad (23)$$

dove:

- $\nu$  è il coefficiente di diffusione dell'onda;

- $u$ :

$$-\frac{2\nu \left( \frac{(-8t+2x)e^{-\frac{(-4t+x)^2}{4\nu(t+1)}}}{4\nu(t+1)} - \frac{(-8t+2x-4\pi)e^{-\frac{(-4t+x-2\pi)^2}{4\nu(t+1)}}}{4\nu(t+1)} \right)}{e^{-\frac{(-4t+x-2\pi)^2}{4\nu(t+1)}} + e^{-\frac{(-4t+x)^2}{4\nu(t+1)}}} + 4 \quad (24)$$

Il passo spaziale  $\Delta x$  viene calcolato come precedentemente mostrato per l'equazione di convezione. Il passo temporale  $\Delta t$  viene invece calcolato come  $\Delta t = \frac{\sigma \Delta x^2}{n-1}$ , dove  $\sigma$  è la costante di Courant-Friedrichs-Lowy (CFL) e  $n$  il numero di punti della funzione d'onda discretizzata. Il numero di passi temporali totali è  $\frac{T}{\Delta t}$ , dove  $T$  è il tempo totale di simulazione.

Le condizioni iniziali sono definite:

$$u(x, 0). \quad (25)$$

Le condizioni al contorno sono:

$$u(0) = u(2\pi). \quad (26)$$

### 3 Progettazione dell'Algoritmo

#### 3.1 Scelte di Progetto

##### 3.1.1 Dati del problema

Gli insiemi finiti di numeri reali (codomini di ciascuna funzione) si prestano in modo naturale ad essere implementati mediante strutture dati lineari. Queste verranno allocate dinamicamente in quanto non si conosce a priori il numero di punti del dominio di ciascuna funzione, in maniera da non imporre limitazioni rispetto alla specifica del problema.

##### 3.1.2 Stampa a schermo

Per guidare al meglio l'utente durante la fase di acquisizione dei dati, si è scelto di stampare a schermo una descrizione dei parametri utilizzati da ciascun modello di simulazione. Questi sono stati divisi in:

- parametri iniziali: sono dei valori costanti che vengono utilizzati per impostare le condizioni iniziali di ciascuna simulazione numerica;
- parametri di simulazione: sono dei valori costanti fissati a priori che limitano l'esperienza di personalizzazione della simulazione numerica dell'utente ai soli dati richiesti in ingresso;
- parametri richiesti all'utente: sono i dati che l'utente può inserire per ciascuna simulazione. Per ciascun dato viene fornita un'indicazione sui valori più appropriati da digitare.

#### 3.2 Passi dell'Algoritmo

I passi dell'algoritmo per risolvere il problema sono i seguenti:

1. Acquisire la lunghezza del passo temporale per l'equazione di moto fugoide senza attrito: **v1**.
2. Calcolare e stampare l'integrazione numerica dell'equazione di moto fugoide senza attrito: **2.1**.
3. Acquisire la lunghezza del passo temporale per l'equazione di moto fugoide con attrito: **v1**.
4. Calcolare e stampare l'integrazione numerica dell'equazione di moto fugoide con attrito: **4.1**.
5. Acquisire il numero di punti totali della funzione d'onda per l'equazione di convezione lineare unidimensionale: **v2**. e **5.1**.
6. Calcolare e stampare l'integrazione numerica dell'equazione di convezione lineare unidimensionale: **6.1**.
7. Acquisire il numero di punti totali della funzione d'onda per l'equazione di Burgers unidimensionale: **v2**.
8. Calcolare e stampare l'integrazione numerica dell'equazione di Burgers unidimensionale: **8.1**.

##### 2.1 Calcolo del moto fugoide senza attrito

- Alla condizione iniziale  $z_0$  si aggiunge il resto del calcolo per l'integrazione numerica dell'equazione:
  - Caso base: se il numero di passi temporali è pari a zero, si effettua un passo di integrazione numerica (vedi metodo di Eulero, in 2.3, 6).
  - Caso generale: se il numero di passi temporali è maggiore di zero, si effettua un passo di integrazione numerica e poi, una volta decrementato di uno il numero di passi temporali, si procede ricorsivamente sul numero di passi rimanenti.

## 4.1 Calcolo del moto fugoide con attrito

- Alla condizione iniziale  $y_0$  si aggiunge il resto del calcolo per l'integrazione numerica dell'equazione:
  - Caso base: se il numero di passi temporali è pari a zero, si effettua un passo di integrazione numerica (vedi metodo di Eulero, in 2.3, 17).
  - Caso generale: se il numero di passi temporali è maggiore di zero, si effettua un passo di integrazione numerica e poi, una volta decrementato di uno il numero di passi temporali, si procede ricorsivamente sul numero di passi rimanenti.

## 5.1 Acquisizione dati di convezione

- Se il numero di punti è pari a zero o uno, viene calcolata solamente la condizione iniziale: **6.1**
- Se il numero di punti è maggiore di uno, si acquisisce la lunghezza del passo temporale (**v1.**), si calcola la condizione iniziale (**6.1**) e si procede con l'integrazione numerica: **6.2**

## 6.1 Calcolo della condizione iniziale per l'equazione di convezione

- Si genera una lista di punti equidistanti fra loro rappresentante il dominio della funzione d'onda quadra:
  - a.
- Si calcola su ogni punto del dominio la funzione d'onda quadra (vedi onda  $u$ , in 2.3, 20).

## 6.2 Calcolo dell'integrazione numerica per l'equazione di convezione

- Si calcola numericamente l'integrazione della funzione rispetto al tempo:
  - Caso base: se il numero di passi temporali è uguale a zero, viene restituita la funzione d'onda quadra.
  - Caso generale: se il numero di passi temporali è maggiore di zero, si decrementa di uno il numero di passi temporali, si calcola la condizione al contorno (vedi 2.3, 21) e la si aggiunge in testa al calcolo numerico dell'integrazione della funzione rispetto allo spazio. Quest'ultima viene effettuata come segue:
    - \* Caso base: se si raggiunge il numero di passi spaziali totale, si effettua un passo di integrazione numerica (vedi metodo di Eulero, in 2.3, 19).
    - \* Caso generale: se il numero di passi spaziali complessivo non è stato ancora raggiunto, si effettua un passo di integrazione numerica e poi, una volta incrementato di uno il numero di passi spaziali effettuati, si procede ricorsivamente sul numero di passi rimanenti.

## 8.1 Calcolo dell'equazione di Burgers

- Se il numero di punti è zero o uno, l'integrazione numerica dell'equazione è uguale al calcolo della condizione iniziale: **8.2**.
- Se il numero di punti è maggiore di uno, si calcola la condizione iniziale dell'equazione (**8.2**) e si procede con la sua integrazione numerica: **8.3**.

## 8.2 Calcolo della condizione iniziale per l'equazione di Burgers

- Si genera una lista di punti equidistanti fra loro rappresentante il dominio della funzione d'onda a dente di sega: **a**.
- Si applica la condizione iniziale (vedi 2.3, 25) alla funzione d'onda a dente di sega (vedi onda  $u$ , in 2.3, 24).

### 8.3 Calcolo dell'integrazione numerica per l'equazione di Burgers

- Si calcola numericamente l'integrazione della funzione rispetto al tempo:
  - Caso base: se il numero di passi temporali è uguale a zero, viene restituita la funzione d'onda a dente di sega.
  - Caso generale: se il numero di passi temporali è maggiore di zero, si decrementa di uno il numero di passi temporali, si calcola la condizione al contorno (vedi 2.3, 26) e la si aggiunge in testa al calcolo numerico dell'integrazione della funzione rispetto allo spazio. Quest'ultima viene effettuata come segue:
    - \* Caso base: se si raggiunge il numero di passi spaziali totale, si calcola la condizione di bordo (vedi 2.3, 26).
    - \* Caso generale: se il numero di passi spaziali complessivo non è stato ancora raggiunto, si effettua un passo di integrazione numerica (vedi metodo di Eulero, in 2.3, 23) e poi, una volta incrementato di uno il numero di passi spaziali effettuati, si procede ricorsivamente sul numero di passi rimanenti.

#### a. Generazione di punti equidistanti

- Se il numero di punti da generare è zero, si restituisce una sequenza di punti è vuota.
- Se il numero di punti da generare è maggiore di zero, si calcola la distanza tra l'estremo superiore e quello inferiore del dominio, si decrementa di uno il numero di punti totali e partendo dall'estremo inferiore del dominio:
  - Caso base: se si è raggiunto il numero massimo di punti da generare, si aggiunge alla sequenza di punti l'estremo inferiore del dominio.
  - Caso generale: se il numero massimo di punti da generare non è stato ancora raggiunto, si aggiunge alla sequenza il punto dell'estremo inferiore del dominio, si incrementa di uno il numero di punti calcolati, si calcola il punto successivo che diventa il nuovo estremo inferiore del dominio e si procede ricorsivamente sul numero di punti da generare rimasti.

#### v1. Validazione dell'acquisizione della lunghezza del passo temporale

- Caso base: se il valore del passo temporale è maggiore di zero, allora il dato viene acquisito.
- Caso generale: altrimenti si stampa su schermo un messaggio di errore e viene ripetuta l'acquisizione.

#### v2. Validazione dell'acquisizione del numero di punti di una funzione

- Caso base: se il numero di punti è un intero positivo, il valore viene acquisito.
- Caso generale: altrimenti si stampa su schermo un messaggio di errore e viene ripetuta l'acquisizione.

## **4 Implementazione dell'algoritmo**

### **4.1 Haskell**

### **4.2 Prolog**

## 5 Testing

## 5.1 Haskell

## Test 1

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: -5
Acquisizione errata!
Il valore deve essere un numero naturale.
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 100
[2.537825980164333, 2.5774635292715917, 2.61710107721347, 2.656738608716373, 2.6963759352420498, 2.736012966011584, 2.7756495287983616, 2.8152853722295843, 2.854920
131265235, 2.8945532832835124, 2.9341840924832963, 2.9738115409029056, 3.013434245078265, 3.0530503584023254, 3.09265746069832, 3.13225243816461, 3.1718313611743922,
3.211389362976298, 3.2509205391671836, 3.2904178727213695, 3.329873205461959, 3.3692772708399277, 3.4086198045315554, 3.447889746946439, 3.487075547488322, 3.52616557
3971027, 3.565148622103572, 3.604014509864235, 3.64275473064873, 3.6813631283736252, 3.7198365485475935, 3.7581754130997096, 3.796384164807898, 3.834471530536341, 3.87
24505616798967, 3.9103384250163393, 3.948155936600247, 3.9859268534865238, 4.023676960682313, 4.0614330108568115, 4.099221589534009, 4.137067986582411, 4.174995154672
836, 4.213022826959251, 4.2511668506558715, 4.289438772489547, 4.327845688844517, 4.3663963505872215, 4.4050714925905075, 4.443884342789181, 4.482821256305171, 4.52187
241704166, 4.561026551660163, 4.6002716079442605, 4.639595359793142, 4.678985912937524, 4.718432697474544, 4.757923744247111, 4.797451851014236, 4.837008650624908, 4.8
76587596546055, 4.916183280544297, 4.9557912919647045, 4.99540801442349, 5.035030329756987, 5.074655138113076, 5.114278485431834, 5.1538938248139, 5.193488374654201, 5
.233035309006789, 5.272476850138336, 5.31168754538108, 5.350394468348167, 5.3880040266101865, 5.423227236589644, 5.453274337330392, 5.472148504316077, 5.4671446638723
98, 5.412183765315732, 5.257413306490136, 4.922492502452091, 4.3295153627609938, 3.533568441198731, 2.803259325756947, 2.34624598099903, 2.134810078470153, 2.062664573
8837204, 2.055256271899049, 2.0755301911957758, 2.10725904901399, 2.1436722701026976, 2.181994724323144, 2.22109532101176004, 2.260513436500272, 2.3000613056481862, 2.3
39662707248342, 2.379284984717219, 2.418916610254246, 2.458551882606973, 2.498188637784255]
*Main> □

```

## Test 2

```
*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale       = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 0
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.9
[100.0, 109.0, 118.0, 126.284851, 133.139404, 137.905336454689, 140.037978728134, 139.15862506155295, 135.09781356725566, 127.9254185669423, 117.96411620276123, 105.7838
3215383236, 92.17610146731589, 78.10878169402375, 64.66315672203721, 52.95702984786186, 44.058803877396706, 38.8986593581906, 38.18365822408268, 42.32383071871357, 51.
3759913771143634, 65.01158462948, 82.182.28065875052948, 164.147701459745, 139.47664074444373, 109.70833952320189, 76.80318495176581, 43.12659601347659, 11.29
234919526108, -16.028880067833243, -36.2862822057439, -47.33254919258446, -47.5493719690744, -36.05900293417239, -12.844213318003415, 21.18196073031783, 64.174848813
10095, 113.43069711429229, 165.53324757539458, 216.56858177020052, 262.396578386679, 298.9619189271155, 322.62306495236817, 330.4744979377533, 320.6360795589583, 292.48
392709953146, 246.79981112227023, 185.82072981375313, 113.17678871364933, 33.713446601814894, 46.796936317994835, -122.04012341823137, 185.6186791617837, -231.55370
465822995, -251.6870749572778, -226.3887444846871, -161.14500730741088, -76.44286010463694, 29.010138523791176, 148.48344725899386, 273.59769001
264556, 394.8593895636503, 502.32684306856027, 586.36474619353, 638.4328128930749, 651.8541436499681, 622.4910646597652, 549.2771035619635, 434.545479797523207, 284.11
38484623635, 107.09889856518296, -84.5459218446654, -276.7548278334018, -454.29953032643925, -601.9069174450067, -705.469109584305, -753.2570761565056, -737.041661812
0278, -653.0255869398778, -592.49734457688226, -292.13293605902065, -33.89348602753546, 255.50523922739194, 555.5432747755533, 843.224708509467, 1094.70821808644464, 12
87.1343491005432, 1400.5199703972792, 1419.574709180137, 1335.2888305952565, 1146.148226044213, 858.85033572524, 488.4244612165678, 57.6995801808323, -403.88898696763
5, -764.0906529644918]
-----
| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale      = velocita' di trim,
| angolo iniziale          = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim        = 30m/s,
| costante gravitazionale   = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza    = IN.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 0
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 2
[[10.0, 1000.0], [60.0, 1000.0], [119.019, 1000.0], [177.0753161528625, 998.7479065269398], [234.95290201868244, 995.0279962983323], [294.2079776547, 988.6508135495146], [1
356.640889322699095, 981.613820454273], [422.71217097668, 978.4372186345444], [489.33577382778975, 983.8075459069244], [550.2472491291718, 997.672602327661], [600.709
88374986, 1012.8544020596123], [640.8667355197858, 1019.0706715052474], [672.8843351677708, 1007.0996310307462], [696.138142753585, 965.5591221641714], [743.771178715
4609, 899.7622437167798], [848.5436839752847, 862.4564031301369], [952.4697900084046, 924.4426404787221], [951.7437040215162, 1021.357034896272], [993.4752938973656, 1
047.96953913851671], [876.9112199972899, 1024.6541628327059], [898.8852466786192, 967.8682229205278], [968.1145693846772, 900.6771074461807], [1089.375147235289, 899.3
725054324484], [1154.1925060735753, 997.5960151511746], [1114.1645149691585, 1068.1948751768948], [1069.042301398016, 1065.1185270097287], [1062.2427377384595, 1018.2
707222011862], [1102.5794411319405, 942.8144007206356], [1213.0310728695, 900.8018768563052], [1317.8934615980143, 974.7558516536983], [1298.5601345930577, 1074.10720
50306052], [1239.8640081869153, 1086.0853302988357], [1216.3965822557166, 1040.7130653834372], [1252.107941275579, 963.3310788512013], [1361.4869505574975, 916.775912
6051286], [1469.8636453073436, 989.277105801111], [1450.2399635573083, 1091.347757927018], [1388.750189669932, 1102.3234937802629], [1365.1339498602542, 1053.20241405
20907], [1404.5031456686006, 973.3178536840775], [1519.7331847816527, 932.9533996258536], [1620.7221053820408, 1016.4023678696908], [1589.1490806496877, 1112.69166757
63468], [1527.9257231590086, 1114.4527668843155], [1510.939231444575, 1057.848438070314], [1560.4428491210192, 975.9110604182742], [1684.8385184113813, 951.235348653
3109], [1767.4121512902025, 1051.7355085825511], [1718.6201225574137, 1133.414562605696], [1661.0051497710358, 1120.7576979457833], [1656.8968827343122, 1054.42470388
47125], [1724.0917334440987, 974.4954372420574], [1855.5381759650281, 977.7347589502833]]
```

```

| Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0
[]

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0
[]

*Maint> □

```

### Test 3

```
gabriele@gabriele-AMIGO-LI-2727:~/Documenti/III-anno/PLF/project/consegna/hs/src$ ghci
GHCi, version 8.6.5: http://www.haskell.org/ghc/ :? for help
Prelude :load simulazioni_numeriche.hs
[1 of 1] Compiling Main           ( simulazioni_numeriche.hs, interpreted )
Ok, one module loaded.
*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale       = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 1
[100.0, 110.0, 120.0, 129.019, 136.076, 140.2862361, 140.9574166, 137.6751733858997, 130.37769550871997, 119.38280732793429, 105.40786721774319, 89.53147370868173, 73.12456842555967, 57.744625571615934, 45.00116255512479, 36.402951770085124, 33.26012693833372, 36.23617253796661, 45.825285684948966, 61.669630305956794, 82.82851440127145, 74.7460777635711, 134.35122386310638, 160.1947964103533, 182.6864753769788, 59.4385078670185, 16.585857122576584, -22.28771243619846, -52.79835219354104, -71.67256867046312, 75.35960879719883, -62.2055699373621, -31.848753454520164, 14.420429439177, 73.6239750467626, 141.22287652636493, 211.40926605387983, 277.55169139415835, 332.7648677345513, 370.56022314917726, 385.52134583904375, 373.9405090379597, 334.3500290885797, 267.88598520255454, 178.4322034629416, 72.50880657495807, -41.10878947274003, -152.0294994454415, -249.10743717086717, -321.46128100069507, -359.56768524406084, -356.3287378212584, -308.0620047601365, -214.91781395050344, -81.80401915829628, 82.20321318245527, 264.0454198026357, 447.6334912096173, 615.1287069339603, 748.5210771706398, 831.3793212570979, 858.6176476731162, 798.1076626738131, 671.962086437774, 477.3321484934406, 226.59272986955784, -61.16297252153146, -361.3374217128244, -645.701783297551, -884.8089438166577, -1050.7627593918542, 1120.1068175786365, -1076.561049069078, -913.3228017550554, -634.663915527356, -256.59806244748586, 193.53832074561797, 678.6569738648202, 1154.5995177188772, 1573.7758124367954, 1889.4958944664918, 2060.6385692961385, 2056.231696878622, 1859.4861808131548, 1470.834352838947, 909.576895416864, 213.84060725848315, -561.3151743402921, -1347.6387195111245, -2069.0872460791743, -2648.522414263183, -3015.1701236068243, -3112.187784112473, 2903.607255489841, -2379.911105247121, -1561.561083240848]
```

```
-----
```

```
| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale      = velocita' di trim,
| angolo iniziale          = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim        = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza   = 1N.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 2
[[0.0, 1000.0], [60.0, 1000.0], [119.019, 1000.0], [177.0753161528625, 998.7479065269398], [234.95290201868244, 995.0279962983323], [294.2079776547, 988.6508135495146], [356.64088932269095, 981.613820454273], [422.71217897668, 978.4372186345444], [489.3357738277895, 983.8075459069244], [550.2472491291718, 997.6722602327661], [608.70988374986, 1012.8544020596123], [640.8667355197858, 1019.0706715052474], [672.8843351677708, 1007.0996310307462], [696.138142753585, 965.559121641714], [743.7711787154689, 899.76224371677981], [848.5436839752847, 862.4564031301369], [952.4697900084046, 924.4426404787221], [951.7437048215162, 1021.357034896272], [983.4752938973656, 1047.9695391385167], [876.9112199972899, 1024.654162827059], [898.8852466786192, 967.6682229205278], [968.1145693846772, 900.6771074401807], [1089.375147235289, 899.3725054324484], [1154.1925060735753, 997.5960151511746], [1114.1645149691585, 1068.1948751768948], [1069.042301398016, 1065.1185270097287], [1062.2427377384595, 1018.2707222011862], [1102.5794411319405, 942.8144007206356], [1213.0310728695, 900.8018768563052], [1317.8934615980143, 974.7558516536983], [1298.5601345930577, 1074.107205036052], [1239.8640081869153, 1086.0853302888357], [1216.3965822557166, 1040.7130053834372], [1252.107941275579, 963.3310788512013], [1361.4869505574975, 916.7759126051286], [1469.8636453073436, 989.27105801111], [1450.239963573033, 1091.347757927018], [1388.750189669932, 1102.3234937802629], [1365.1339498602542, 1053.2024140520907], [1404.5031456686006, 973.3178536840775], [1519.733187816527, 932.9533996258536], [1620.7221053820408, 1016.4023678696908], [1589.1490806496877, 1112.6916675763468], [1527.9257231590086, 1114.4527668843155], [1510.939231444575, 1057.8484380703314], [1560.4428491210192, 975.9110604182742], [1684.8385184113813, 951.2353486533109], [1767.4121512902025, 1051.7355085825511], [1718.6201225574137, 1133.414562605696], [1661.0051497710358, 1120.7576979457833], [1656.8968827343122, 1054.4247038847125], [1724.091734440987, 974.4954372420574], [1855.5381759650281, 977.7347589502833]]
```

```

| Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permesso una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 1
[1.0]

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 1
[4.0]
*Main> □

```

## Test 4

```

*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
Parametri iniziali:
altezza iniziale = 100m,
velocità iniziale = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permesso una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 12
[100.0, 220.0, 340.0, -1235.168000000001, -6200.672000000004, 7694.941235200004, 110596.36741120002, 106208.61572227065, -1459095.0205642348, -4523331.405989825, 1.30
2560474083195e7]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
Parametri iniziali:
velocità iniziale = velocità di trim,
angolo iniziale = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocità di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = 1N.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permesso una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 1000
[[0.0,1000.0],[30000.0,1000.0],[-185250.0,1000.0]]

```

```

| Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
| valore della parte alta della funzione = 2.0,
| valore della parte bassa della funzione = 1.0.
| Parametri di simulazione:
| numero di passi temporali da effettuare = 25,
| velocita' dell'onda = 1.0.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda,
| un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
| Passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 21
Digita lunghezza del passo temporale: 0.3
[1.0,1.0,1.0,1.0,-3.355443099999814e7,1.2247367689999921e9,-2.1424504830999878e10,2.3904177356899863e11,-1.9098050232309897e12,1.1627929796608943e13,-5.6
060710748158734e13,2.1952763265024e14,-7.105646238105556e14,1.92450604760678318e15,-4.398132035911658e15,8.52538300858364e15,-1.4046770681118654e16,1.963740326
289396e16,-2.3095034961592216e16,2.2298447915458464e16]

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
| tempo finale di simulazione = 0.6s,
| coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
| costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 35
[2.6001482895404073,2.8221091064914816,2.962953297613654,2.9749647809670834,3.2484421169296973,2.8159437723321434,3.24132138550074,2.107361
386453394,2.5450870348641375,0.3044484326650155,4.601443650646277,3.86576717322105,3.965957770973071,4.123027096713016,-18.960128327971468,-1248433,8128351818
,-3.804357859364016e14,-3.0124628025220063e30,-6.395918102872413e37,1.2879266971536558e37,-6.0191394754733475e34,3.651950130449536e29,-5.681241870769029e20,7.
947504686262198e9,308.23526035403484,2.30693329042999,1.7591741760237762,1.808382513565976,1.9125403480077081,2.0264424975757325,2.1412850466745192,2.256133
258059738,2.3709518498734257,2.485904035864941]

*Main> []

```

## Test 5

```

*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale = 100m,
| velocita' iniziale = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 10
[100.0,200.0,300.0,-581.000000000001,-3424.0,413.610000000015,38821.66,74153.1958999999,-270374.7528000001,-1341364.553279,241002.9712100008,1.498313776336
5993e7,2.7362014407951877e7]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale = velocita' di trim,
| angolo iniziale = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza = IN.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 0
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: -0.12
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 8
[[0.0,1000.0],[240.0,1000.0],[464.304,1000.0],[661.8291605053547,926.9684812146279],[934.9880535512357,612.9035274262772],[175.9321251459262,979.0533385465704
],[552.3135257720041,972.5694455565665],[290.95541475897693,1203.3063985087913],[262.7914313284634,1107.348228645912],[532.507493990252,455.8092136782715],[-8
54.1058994634004,146.19756327513244],[500.6672714567444,1760.7291236185406],[-2209.030853254841,2601.577701321431],[-6668.691673528916,709.1348558007492],[-16
83.4944242471993,11056.201849079931]]

```

```

Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 50
Digita lunghezza del passo temporale: -2
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 2
[1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,-1.0740659143269653e42,2.633699127422579e43,-3.0944845928554555e44,2.318539060025998e45,-1.24365158661086
05e46,5.082578212969349e46,-1.644417596615775e47,4.320287207184026647,-9.379894139943642e47,1.703735368828876e48,-2.6110817763020997e48,3.39533981772282e48
3732152412968e47,9.204527913408536e47,-1.700322515826971e48,2.6106062796725456e48,-3.395297572195464e48,3.758139657260973e48,-3.5443706776368296e48,2.84532743
9055659e48,-1.9380715677460786e48,1.1138366527394053e48,-5.355402164200293e47,2.127881779208254e47,-6.865550547710572e46,1.753662256351069e46,-3.4128530019169
08e45,4.754966295450333e44,-4.2245576818105723e43,1.7984650426474192e42]

Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0
[]
*Main> []

```

## Test 6

```
*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale        = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione   = 100s,
| costante gravitazionale   = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
```

Digita lunghezza del passo temporale: 100  
[100.0, 1100.0, 2100.0, -977900.0]

```
[10000,11000,21000, 37500]
```

Calcolo del moto fugoide con attrito

```

Parametri iniziali:
velocita' iniziale           = velocita' di trim,
angolo iniziale               = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.

Parametri di simulazione:
secondi di simulazione      = 100s,
velocita' di trim             = 30m/s,
costante gravitazionale       = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza      = 1N,
parametru richiesto.

passo temporale determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

```

Digita lunghezza del passo temporale: 0.9998

```
Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
```

```
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero. |  
-----  
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: -123  
Acquisizione errata!  
Il valore deve essere un numero naturale.  
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 10  
Digita lunghezza del passo temporale: 0.05  
[1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0117082151240126, 1.0141065507015246, 1.055592536944328, 1.139336133441342, 1.2496588881290112, 1.340708592435028, 1.3683448462751635]
```

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 70
[2.5603251504886444, 2.617313087551845, 2.6743003361134736, 2.7312862727233584, 2.788269923495047, 2.8452497337409888, 2.902223270300385, 2.9591868278009406, 3.016134923542116, 3.1299501094113285, 3.1867913561671, 3.243563958494142, 3.300243264764144, 3.356799148438868, 3.4131962073448157, 3.4693946363673285, 3.525351939200582, 3.581025579381527, 3.6363765584417296, 3.6913737523816272, 3.7459986515297796, 3.8002499621472, 3.8541473830426445, 3.9077338162177715, 3.9610753513724095, 4.014258602704632, 4.06738535820285, 4.1205649666356585, 4.173905337511415, 4.227503751827029, 4.2814387841786585, 4.335764480210162, 4.390507546605556, 4.44566778818734, 4.501221447316082, 4.557126776745785, 4.613338672978982, 4.669775450274559, 4.726404737843244, 4.783167879284047, 4.840022496383366, 4.8969351283844125, 4.953879863126045, 5.010834317637192, 5.06777039785781, 5.124631772478481, 5.1812748045790835, 5.2373076720637135, 5.291646162919132, 5.3412847832476835, 5.3779117978485361, 5.37881438511586, 5.284790132888671, 4.95752083948166, 4.183768027460122, 3.092543889197522, 2.3434691794784466, 2.053251159659588, 1.989942863379328, 2.0082195166430075, 2.0530064478134227, 2.1061652720691257, 2.1619520166584345, 2.218563790090801, 2.2754344970593556, 2.3323865913005015, 2.38936407698239, 2.4463493939949714, 2.5033370170326315]
*Main> ■

```

## Test 7

```

*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
Parametri iniziali:
altitudine iniziale = 100m,
velocita' iniziale = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 1765
[100.0, 17750.0, 35400.0]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
Parametri iniziali:
velocita' iniziale = velocita' di trim,
angolo iniziale = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocita' di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = 1N.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: -129
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: -2
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 10
[0.0, 1000.0, [300.0, [575.475, [1000.0, [791.5624656516269, 864.9919414233477], [1170.5394792779377, 209.79622282680998], [2567.2963356473438, 598.9909814181715], [1978.0197754075464, 770.5610190412983], [1998.6431950100541, 534.5962026930658], [2885.893852961458, 1340.8395316462475], [3004.7805496807414, 1428.0870339061987], [3443.566209721155, 1436.3920967313945], [3800.120018664817, 1125.9184010947315], [4279.75478121953, 50.08289134676488]]]]]

| Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 5
Digita lunghezza del passo temporale: 6
[1.0, -1.0834705943388371e26, 2.8465727433083995e27, -3.5727666705883976e28, 2.8484450065442973e29]

```

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: -23
Acquisizione errata!
Il valore deve essere un numero naturale.
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 123
[2.531443832593343, 2.563622653747175, 2.595801528604663, 2.6279804089739236, 2.660159262404468, 2.692338058796651, 2.7245167621563615, 2.75669532399439, 2.7888736765
561815, 2.8210517248167637, 2.8532293364975465, 2.8854063294965955, 2.9175824561886268, 2.949757384106197, 2.981930672594896, 3.014101745166393, 3.046269857471097, 3.0
7843406108895, 3.1105931636991904, 3.1427456866347234, 3.174889821349276, 3.2070233868952855, 3.2391437911057084, 3.271247998739009, 3.3033325103326137, 3.3353933558
494044, 3.4642461073262737, 3.399425914576471, 3.4313875675008307, 3.46330558768655226, 3.495174350700358, 3.526988238834561, 3.558741822091949, 3.59043006300817243, 3.6
22048538573869, 3.653593670501672, 3.6850629528048886, 3.7164551646764314, 3.747770555548941, 3.7790109894973054, 3.810180037147181, 3.8412830953001428, 3.87232689745
53426, 3.9833203021507994, 3.9342732103195636, 3.9651967673269256, 3.9961029696935455, 4.027094320260359, 4.057913458472839, 4.088842784220867, 4.119804940983875, 4.15
08680247928561, 4.181864881616191, 4.21298217833891, 4.24416676711391, 4.2754233325807265, 4.306755195844454, 4.338163762035046, 4.36964892680123, 4.401209171335305, 4
.432841753847383, 4.464542924696, 4.4963081525744775, 4.528132350126408, 4.560010088885794, 4.591935795581304, 4.6239039236912, 4.655990999762425, 4.687946221746394, 4
.720921572595402, 4.752097845865936, 4.8854063294965955, 4.9175824561886268, 4.949757384106197, 4.981930672594896, 5.014101745166393, 5.046269857471097, 5.0
7843406108895, 5.1105931636991904, 5.1427456866347234, 5.174889821349276, 5.2070233868952855, 5.2391437911057084, 5.271247998739009, 5.3033325103326137, 5.3353933558
494044, 5.009251177993566, 5.0414220142943975, 5.073594658898648, 5.1057682801479777, 5.137941521467913, 5.17011293052769, 5.202279499344106, 5.234435766436636, 5.266571182
848788, 5.298665235628516, 5.33067772511783, 5.36252880936944, 5.394067359325406, 5.4249879737161715, 5.454700849684399, 5.482053057042952, 5.5048830505841234, 5.5186
211886415, 5.515247312113353, 5.47929632133355, 5.383450695907589, 5.3813784401634952, 4.823957870556797, 4.269571332098305, 5.518622766754763, 2.936201498561026, 2
.4818176684923263, 2.229932615680866, 2.115879614577367, 2.077563553964675, 2.076798049564493, 2.0937891450990331, 2.1190035147854576, 2.1479936953961047, 2.178712447
1284165, 2.21022218005219, 2.242094090996528, 2.274132016665058, 2.3062461322931007, 2.338395255884008, 2.370560482433002, 2.402733122571867, 2.4349091776161815, 2.467
08680516406, 2.4992651548358373]
*Main> □
```

## Test 8

```

*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
altitudine iniziale = 100m,
velocita' iniziale = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: -90
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.876
[100.0, 108.76, 117.52000000000001, 125.62055080314491, 132.402203320576, 137.25515136167104, 139.66887496426617, 139.2780462108894, 135.90096098898448, 129.5670407251
4614, 120.5305109954153, 109.26818669247713, 96.46033402964785, 82.95477611334546, 69.71568278445359, 57.7597468462083, 48.083601758128296, 41.58728542310482, 38.99921
403357401, 40.80842759116296, 47.209755037578745, 58.066999525944176, 72.8982177889316, 90.88624293031368, 110.91442995135973, 131.62867882787083, 151.5213036180996
169, 0.3293457309078, 182.66606314213965, 191.1024210037743, 193.3157118888526, 188.67085027367534, 177.00122053750115, 158.65648593792503, 134.51513136559163, 105.958
1408390999, 57.80286552647502, 43.199063840537335, 33.492091996074043, 11.93892891261287, -30.8576703556413, -41.34969561762037, -41.99080966264536, -31.99117723688975
4, -11.302535479216136, 19.3223474037066978, 58.32603903373422, 103.40311091839146, 151.61738131489977, 199.57546693172074, 243.64781747339887, 280.2241681285395, 305.
98677061192035, 318.18217240348963, 314.8709754643113, 295.1351150012905, 259.2238655478486, 208.62290750110117, 146.03565251579784, 75.2713100671445, 1.0414227742762
99, -42.17751046164928, 57.61928808367179, 168.11915069818548, 281.8094157431933, 390.37169935221783, 485.24744548591165, 558.2641304224127, 602.795473092704, 611.79703
036258988051564, 136.245660061895, 188.2670931844125, -222.56387091412955, -235.04011810197014, -223.29840753299916, -186.335015171393683, -125.033857566593
8, -42.17751046164928, 57.61928808367179, 168.11915069818548, 281.8094157431933, 390.37169935221783, 485.24744548591165, 558.2641304224127, 602.795473092704, 611.79703
036258988051564, 136.245660061895, 188.2670931844125, -222.56387091412955, -235.04011810197014, -223.29840753299916, -186.335015171393683, -125.033857566593
4, -523.451639504022, -624.3050944873423, -678.2253684071593, -677.6202549660903, -618.430658287743, -500.702131061477884, -328.89044159697823, -111.8581446371326, 137.4
6084703393458, 402.72843203926993, 665.175980036657, 904.8342570548075, 1101.9463205401994, 1238.4707946778217, 1299.5691650117328, 1274.9639257045949, 1160.05561675
68337, 956.6965103870855, 673.5368954749283, 325.88544275586515, 64.94158480495724, -472.7731765239387, -868.1880340905957, 1220.4847642857349, -1499.8967004916553,
-1679.903090851032, -1739.4699205945894, -1665.046383250722, -1452.1483125608293, -1106.3782815750433, -643.7631688299386]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
velocita' iniziale = velocita' di trim,
= 0rad,
angolo iniziale = 0m,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocita' di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = IN.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 50
[[0.0,1000.0],[1500.0,1000.0],[2386.875,1000.0],[2824.0242269064747,1511.0888136058693],[20555.28895425848,5086.597929937973]]
```

Test 9

\*Main> main  
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale  
Anno 2023/2024  
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo  
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

---

Calcolo del moto fugoide senza attrito  
Parametri iniziali:  
altitudine iniziale = 100m,  
velocita' iniziale = 10m/s.  
Parametri di simulazione:  
secondi di simulazione = 100s,  
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).  
Parametro richiesto:  
passo temporale, determina la distanza temporale  
tra due punti di simulazione, un valore basso  
permette una simulazione piu' accurata.  
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

---

Digita lunghezza del passo temporale: 5.012  
[100.0, 150.12, 200.24, 126.84997934483201, -193.56008262067198, -580.136176179772, -243.29623087191226, 1769.5938574585052, 4628.4640847719875, 3372.9773324278162, -9041.940637920638, -2952.41124059264, -27474.52436086445, 47571.45956716, 190568.9613245647, 216583.203862304, -226772.57250189965, -1203604.90474266018, -1621358.3041061945, 927161.5935670398, 7471418.694585241, 1.1731130772257913e7]

---

Calcolo del moto fugoide con attrito  
Parametri iniziali:  
velocita' iniziale = velocita' di trim,  
angolo iniziale = 0rad,  
spostamento laterale iniziale = 0m,  
spostamento verticale iniziale = 1000m.  
Parametri di simulazione:  
secondi di simulazione = 100s,  
velocita' di trim = 30m/s,  
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),  
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,  
coefficiente di portanza = 1N.  
Parametro richiesto:  
passo temporale, determina la distanza temporale  
tra due punti di simulazione, un valore basso  
permette una simulazione piu' accurata.  
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

---

Digita lunghezza del passo temporale: -1.02  
Acquisizione errata!  
Il valore deve essere maggiore di zero.  
Digita lunghezza del passo temporale: 9  
[[0.0, 1000.0], [270.0, 1000.0], [520.1347499999999, 1000.0], [729.9893224155278, 898.5616594264133], [1044.6897968458243, 430.41056032594815], [677.8181515204399, -645.6098793169508], [256.3792336971636, -2123.4567214966407], [-1048.7477796875964, -1101.9376484251725], [-1249.642668296551, -734.1380213440418], [-1347.98552626632, -1045.0938463583657], [-1364.767263894925, 67.52395542238264], [-1657.7770603561469, 654.0403644351672], [-1666.52449902634, 715.3483417780642], [-973.429896673571, 507.2207748976873]]

## Test 10

```
*Main> main
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

-----| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale        = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione  = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

-----| Digita lunghezza del passo temporale: -12.0
| Acquisizione errata!
| Il valore deve essere maggiore di zero.
| Digita lunghezza del passo temporale: 0
| Acquisizione errata!
| Il valore deve essere maggiore di zero.
| Digita lunghezza del passo temporale: 123
[100.0,1330.0,2560.0]

-----| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale          = velocita' di trim,
| angolo iniziale              = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione     = 100s,
| velocita' di trim            = 30m/s,
| costante gravitazionale     = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza      = 1N.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

-----| Digita lunghezza del passo temporale: 23
[[0.0,1000.0],[690.0,1000.0],[1250.26279197684],[1405.2362518459954,-4577.067502621624]]
```

```
| Calcolo dell'equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
```

```
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 2
Digita lunghezza del passo temporale: 0.2
[1.0,1.0]
```

```
| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
```

```
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 3
[4.0,4.0,4.0]
*Main> □
```

## 5.2 Prolog

Test 1

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: -5.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere un numero naturale.
Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 100.
[2.537825980164333, 2.5774635292715917, 2.617101077221347, 2.6567386087163731, 2.6963759352420498, 2.7360129660115842, 2.7756495287983616, 2.8152853722295843, 2.854920131265235, 2.8945532832835124, 2.9341840924832963, 2.9738115409029056, 3.013434245078265, 3.0530503584023254, 3.0926574606983199, 3.1322524384164612, 3.1718313611743922, 3.211389362976298, 3.2509205391671836, 3.2904178727213695, 3.3298732054619591, 3.3692772708399277, 3.4086198045315554, 3.4478897469464389, 3.4870755474883222, 3.5261655739710269, 3.565148622103572, 3.64275473064873, 3.6813631283736252, 3.7198365485475935, 3.7581754130997096, 3.7963841648078982, 3.8344715305363408, 3.8724505616799067, 3.9103384250163393, 3.948155936600247, 3.9859268534865238, 4.0236769606823133, 4.0614330108568115, 4.0992215895340092, 4.1370679865824114, 4.1749951546728363, 4.2130228269592509, 4.2511668506558715, 4.2894387724895466, 4.3278456888445174, 4.3663903505872215, 4.4050714925965075, 4.4438843427891808, 4.4828212563051713, 4.52187241704166, 4.5610265516601629, 4.6002716079442605, 4.6395953597931419, 4.6789859129375238, 4.718432097474544, 4.757923744247111, 4.7974518510142357, 4.8370086506249077, 4.876587596546055, 4.9161832805442973, 4.9557912919047045, 4.9954080144234903, 5.0350303297569869, 5.0746551381130756, 5.1142784854318339, 5.1538938248138999, 5.1934883746542013, 5.2330353090067891, 5.2724768501383359, 5.3116875453810799, 5.350394468348167, 5.3880940266101865, 5.4232272365896437, 5.4532743373303916, 5.4721485043160767, 5.4671446638723982, 5.4121837653157323, 5.2574133064901361, 4.9224925024520907, 4.3295153627609384, 3.5335684411987311, 2.8032259325756947, 2.3462459809990301, 2.1348100784701529, 2.0626645738837204, 2.055256271099049, 2.0755301911957758, 2.1072596490139902, 2.1436722701026976, 2.1819947243231441, 2.2210953210117004, 2.2605134365002719, 2.3000613056481862, 2.3396622707248342, 2.3792849847172191, 2.4189166102542461, 2.4585518826069732, 2.498188637784255]

true ?

(59 ms) yes
| ?- []

```

## Test 2

```
| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale       = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.9.
[100.0, 109.0, 118.0, 126.284851, 133.13940400000001, 137.90533645468901, 140.03797872813399, 139.15862506155295, 135.09781356725566, 127.9254185669423, 117.96411620276
123.105.78383215383236, 92.176101467315888, 78.108781694023747, 64.663156722037215, 52.957029847861861, 44.058803877396706, 38.898659358190599, 38.183658224082677, 42
.32383071871573, 51.375991547200634, 82.51003771436325, 102.78916530315419, 124.45806278512413, 145.90533040294011, 165.40913589378735, 181.26525
792548657, 191.92390460992954, 196.12513263435542, 193.0219952745717, 182.28065875052948, 164.1477014597451, 139.47664074444373, 109.70833952320189, 76.803184951765
815, 125.6596013476593, 11.29349195735108, -16.020880067833243, -36.286282205743902, -47.332549192584459, -47.549371909074402, -36.059002934172391, -12.844213318003
415, 21.18196073017829, 64.174848813109051, 113.43069711429229, 165.5332477539458, 216.56858177020952, 262.39657838667898, 298.96191892711551, 322.62306495236817, 330
.47449793775331, 320.63607955895827, 292.48392709953146, 246.79891112227023, 185.82072981375313, 113.17678871364933, 33.713446601814894, 46.796936317994835, 122.040
123418231176, 148.48344725899386, 273.59769001264556, 394.85938956365032, 502.32684306856027, 586.36447461935302, 638.43281289307492, 651.85414364906842, 622.49106465
976524, 549.1270356196349, 434.545799752307, 284.11384846236348, 107.09889856518296, -84.54592184465401, -276.75482783340181, -454.29953032643925, -601.9069174450
0668, -705.46910958430499, -753.2570761565056, -737.0416181202777, -653.02558693907781, -502.49734457688226, -292.13293605902065, -33.893486027535459, 255.5052392273
9194.555.543274775553, 843.22470850946695, 1094.7082180864404, 1287.1343491065432, 1400.5199703972792, 1419.574709180137, 1355.2888365952565, 1146.1482260442131, 858
.8503572524003, 488.42446121656781, 57.699580180832299, 403.88989696763292, -862.11814645684719, -128.3067888431165, -1622.0445676705442, -1854.1017887497089, -194
9.3236264372047, -1889.2705818888596, 1666.376232660188, -1285.4124537240455, -764.0906529649182]

-----
```

```
| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale      = velocita' di trim,
| angolo iniziale          = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim        = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza   = IN.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 2.
[[10.0|1000.0], [60.0|1000.0], [119.01900000000001|1000.0], [177.07531615286251|998.747965269398], [234.9529020188244|995.02799629833225], [294.20797765470002|998
.65081354951462], [356.64088932269095|981.61382045427297], [422.71217097668|978.43721863454437], [489.33577382778975|983.80754590692436], [550.24724912917179|997.
67226023276612], [601.70988374985996|1012.8544020596123], [640.8667351978583|1019.0706715052474], [672.88433516777081|1007.0996310307462], [696.13814275358504|96
5.55912216417141], [743.77117871546091|899.76224371677984], [848.54368397528469|862.45640313013689], [952.46979000840463|924.44264047872297], [951.74370402151624|
1021.357034896272], [903.47529389736565|1047.9695391385167], [876.9112199728989|1024.6541623827059], [898.88524667861918|967.86822292052784], [968.11456938467722
|900.711074018075], [1089.375147235289|899.37250543244841], [1154.192506073573|997.59601515117458], [1114.1645149691585|1068.1948751768948], [1069.042391398016
|1065.1185270097287], [1062.2427377384595|1018.270722011862], [1102.5794411319405|942.8144007206356], [1213.0310728694999|900.80187685630517], [1317.893461598014
|3197.5558126536983], [1298.561345930577|1074.1086.0853302988357], [1216.3965822557166|1040.7130653834372], [1252.10794127557
89|963.33107885120126], [1361.4869505574975|916.77591260512861], [1469.8636453073436|989.27716580111102], [1450.2399635573033|1091.3477579270179], [1388.750189669
9321|1102.3234937802629], [1365.1339498602542|1053.2024140520907], [1404.5031456686006|973.31785368407748], [1519.7331847816527|932.95339962585365], [1629.7221053
820408|1016.402367869698], [1589.1496806496877|1112.6916675763468], [1527.15231590086|1114.452766843155], [1510.9392314445749|1057.8484380703314], [1560.44284
91210192|975.91106041827425], [1684.8385184113813|951.23534865331089], [1767.412151290205|1051.7355085825511], [1718.6201225574137|1133.4145626056959], [1661.005
1497710358|1120.7576979457833], [1656.8968827343122|1054.4247038847125], [1724.0917334440987|974.49543724205739], 1855.538175965028332]
```

```
| Calcolo dell' equazione di concezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
| valore della parte alta della funzione = 2.0,
| valore della parte bassa della funzione = 1.0.
| Parametri di simulazione:
| numero di passi temporali da effettuare = 25,
| velocita' dell'onda = 1.0.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda,
| un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
| Passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0.
[]
```

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0.
[]
true ?
(5 ms) yes
|- □

```

## Test 3

```

| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
altitudine iniziale = 100m,
velocita' iniziale = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 1.
[100.0, 110.0, 120.0, 129.0, 190.00000000001, 136.0759999999999, 140.2862361, 140.95741659999999, 137.67651733858997, 130.37769550871997, 119.38280732793429, 105.4078672174319, 89.5314730868173, 73.124568425559673, 57.744625571615934, 36.402951770958124, 33.20012693833717, 36.23617253796661, 45.825285684948966, 61.669630305956794, 82.82851440171121, 107.7476077635711, 134.35122386319638, 160.19479964103533, 182.66852035799354, 199.2371312301662, 207.69596025521969, 206.41962670659387, 194.57831945693101, 172.29724682735127, 140.73804105904662, 102.0864753769788, 59.438507867018501, 16.585857122576584, -22.28771243619846, -52.978352193541042, -71.672568670463122, -75.359608797198831, -62.2055699373621, -31.4848753454520164, 14.420429439176999, 73.623975046762595, 141.22287652636493, 211.40926605387983, 277.551619394158353, 332.76486773455127, 370.56022314917726, 385.52134503904375, 373.94050903797597, 334.35002968857797, 267.88598520255454, 178.4322034629416, 72.508806574958072, -31.46128100669507, -359.56768524466084, -356.32873782125841, -308.00620047601365, -214.91781395050344, -81.804019158296285, 82.203213182455272, 264.04541980263571, 447.63349120961732, 615.128769339603, 748.52107717063984, 831.3793212570979, 850.61764767311615, 798.10766267381314, 671.96208643777743, 477.3321489344063, 226.59272986955784, 61.162972521531458, -361.33742171282438, -645.70178329975511, -884.80894381665769, -1120.1068175786365, -1076.5610490690781, 913.3228017550537, -634.66391552735604, -256.59806244748566, 193.53832074561797, 678.6569738648202, 1154.5995177188772, 1573.7758124367954, 1889.4958944664918, 2060.6385692961385, 2056.2316968786222, 1859.4861808131548, 1470.8343352838947, 909.57689541686398, 213.84060725848315, -561.31517430429206, -1347.6387195111245, -2069.0872460791743, -2648.5224142631828, -3015.1701236068243, -3112.1877841112473, -2903.607255489841, -2379.911052471212, -1561.5610832408479]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
velocita' iniziale = velocita' di trim,
angolo iniziale = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocita' di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = IN.
| Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 2.
[[0.0|1000.0], [60.0|1000.0], [119.0190000000001|1000.0], [177.07531615286251|998.7479065269398], [234.95290201868244|995.02799629833225], [294.20797765470002|988.65081354951462], [356.64088932269095|981.61382045427287], [422.71217097668|978.43721863454437], [489.3357738277897|983.80754590692436], [550.2472491291719|997.67226023276612], [600.7098837498596|1012.854020596123], [640.86673551978583|1019.0706715052474], [702.88433516777081|1007.0996310307462], [696.13814275358504|965.55912216417141], [743.77117871546091|899.76224371677984], [848.54363897528469|862.45640313013689], [952.4697900840463|924.44264047872207], [951.74370402151624|1021.357034896272], [903.47529389736565|1047.9695391385167], [876.91121999728989|1024.654162387059], [898.88524667861918|967.86822292052784], [968.11456938467722|900.67710744018075], [1089.375147235289|899.37250543244841], [1154.1925060735753|997.59601515117458], [1114.1645149691585|1068.1948751768948], [1069.042301398016|1065.1185270097287], [1062.2427377384595|1018.270722011862], [1102.5794411319405|942.8144007206356], [1213.0310728694999|900.80187685638517], [1317.893461598014|31974.7558516536983], [1298.5601345930577|1074.1072050306052], [1239.8640081869153|1086.0853032988357], [1216.3965822557166|1040.7130653834372], [1252.10794127557|89|963.33107885120126], [1361.4869505574975|916.77591260512861], [1469.8636453073436|989.27710580111102], [1450.2399635573033|1091.3477579270179], [1388.750189669|9321.1102.3234937802629], [1365.1339498602542|1053.20241405209071], [1484.50314566860606|973.31785368407748], [1519.7331847816527|932.9533962585365], [1620.7221053|8204081916.4023678696908], [1589.1490806496877|1112.6916675763468], [1527.9257231590086|1114.452766843155], [1510.9392314445749|1057.8484380703314], [1560.44284|91210192|975.91106041827425], [1684.8385184113813|951.23534865331089], [1767.4121512902025|1051.7355085825511], [1718.6201225574137|1133.4145626056959], [1661.005|1497710358|[1120.7576979457833], [1656.896882733122|1054.4247038847125], [1724.0917334440987|974.49543724205739], [1855.538175965028332]
```

```

Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 1.
[1.0]

Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 1.
[4.0]

true ?

(6 ms) yes
| ?- 
```

#### Test 4

```

| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----  

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale = 100m,
| velocita' iniziale = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 12.
[[0.0, 220.0, 340.0, -1235.1680000000001, -6200.6720000000005, 7694.9412352000036, 110596.36741120002, 106208.61572227065, -1459095.0205642348, -4523331.4059898248, 13025604.747083195]]  

-----  

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale = velocita' di trim,
| angolo iniziale = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza = 1N.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 1000.
[[0.0, 1000.0], [30000.0, 185250.0, 1000.0]]
```

```

| Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
| valore della parte alta della funzione = 2.0,
| valore della parte bassa della funzione = 1.0.
| Parametri di simulazione:
| numero di passi temporali da effettuare = 25,
| velocita' dell'onda = 1.0.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda,
| un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
| Passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 21.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.3.
[1.0, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, -33554430.99999814, 1224736768.9999921, -21424504830.999878, 239041773568.99863, -1999805023230.9897, 11627929796608.943, -56060710748158.734, 219527632650240.0, 710564623810555.62, 1924500476067831.8, -4398132035911658.0, 8525383008583640.0, -14046770681118654.0, 19637403262893996.0, -23095034961592216.0, 22298447915458464.0]

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
| tempo finale di simulazione = 0.6s,
| coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
| costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 35.
[2.171132022166455, 2.8221091064914816, 2.9629532967136539, 2.9749647809670834, 3.2484421169296973, 2.8159437723321434, 3.2413213855007399, 2.1073613864533942, 2.5450870348641375, 0.30444843266501548, 4.601443650646277, 3.8657671732210499, 3.9659577709730711, 4.1230270967130158, -18.966128327971468, -1284833.8128381818, -380435785936401.62, -3.0124628025220063e+30, -6.3959181028724134e+37, -1.2879266971536558e+37, -6.0191394754733475e+34, 3.6519501304495359e+29, -5.6812418707690291e+20, 7947504686, 2621984, -308, 23526035403484, 2.306933329042999, 1.7591741760237762, 1.8083825135659759, 1.9125403480077081, 2.6264424975757325, 2.141285046745192, 2.2561332580597382, 2.3709518498734257, 2.4859640358649409]

true ?

(10 ms) yes
| ?- []

```

## Test 5

```

| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale = 100m,
| velocita' iniziale = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 10.
[100.0, 200.0, 300.0, -581.000000000001, -3424.0, 413.61000000000149, 38821.660000000003, 74153.195899999992, -270374.752800000007, -1341364.5532790001, 241002.971210008, 14983137.763365993, 27362014.407951877]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale = velocita' di trim,
| angolo iniziale = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 1000m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza = 1N.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: -0.12.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 8.
[[0.0|1000.0], [240.0|1000.0], [464.3039999999997|1000.0], [661.82916050535471|926.9684812146279], [934.98805355123568|612.90352742627715], [175.93212514592619|979.05333854657044], [552.31352577200414|972.56944555656651], [290.95541475897693|1203.3063985087913], [262.79143132846337|1107.3482286459121], [532.50749399025199|455.80921367827148], [-854.10589946340042|146.19756327513244], [500.6672714567444|1760.7291236185406], [-2209.0308532548411|2601.5777013214311], [-6668.691673528916|709.13485580074916], -1683.494424271993, 11056.201849079931]

```

```

| Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
| valore della parte alta della funzione = 2.0,
| valore della parte bassa della funzione = 1.0.
| Parametri di simulazione:
| numero di passi temporali da effettuare = 25,
| velocita' dell'onda = 1.0.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda,
| un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
| Passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 50.
Digita lunghezza del passo temporale: -2.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 2.
[1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,-1.0740659143269653e+42,2.6336991274225788e+43,-3.0944845928554555e+44,2.3185390600259979e+45,-1.24365158
661086605e+46,5.0825782129693485e+46,-1.6444175966157751e+47,4.3202872071840257e+47,-9.3798941390436422e+47,1.7037353688288876e+48,-2.6110817763020907e+48,3.39
53398177722821e+48,-3.758140381660101e+48,3.5443443406455548e+48,-2.8450179905963733e+48,1.9357530286860528e+48,-1.1014001368732967e+48,4.8471443429033562e+4
7,-4.8346418259247849e+46,-3.6337321524129678e+47,9.2045279134085364e+47,-1.700322515826971e+48,2.6106062796725456e+48,-3.3952975721954643e+48,3.7581396572609
73e+48,-3.5443706776368296e+48,2.8453274390556588e+48,1.9380715677460786e+48,1.1138366527394053e+48,-5.3554021642002932e+47,2.1278817792082539e+47,-6.8655505
47710572e+46,1.7536622563510691e+46,-3.4128530019169079e+45,4.7549662954503328e+44,-4.2245576818105723e+43,1.7984650426474192e+42]

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
| estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
| estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
| Parametri di simulazione:
| tempo finale di simulazione = 0.6s,
| coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
| costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
| Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 0.
[]

true ?

(4 ms) yes
| ?- 
```

## Test 6

```
| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
| Calcolo del moto fugode senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale      = 100m,
| velocita' iniziale       = 10m/s.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 100.
[100.0, 1100.0, 1200.0, -977900.0]
-----
| Calcolo del moto fugode con attrito
| Parametri iniziali:
| velocita' iniziale      = velocita' di trim,
| angolo iniziale          = 0rad,
| spostamento laterale iniziale = 0m,
| spostamento verticale iniziale = 100m.
| Parametri di simulazione:
| secondi di simulazione = 100s,
| velocita' di trim        = 30m/s,
| costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
| coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
| coefficiente di portanza = 1N.
| Parametro richiesto:
| passo temporale, determina la distanza temporale
| tra due punti di simulazione, un valore basso
| permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.
-----
Digita lunghezza del passo temporale: 0.9998.
[0.0, 1000.0], [29.9941000.0], [59.742848090189951000.0], [89.250110452452788|999.8416527102014], [118.56937635362652|999.37102261478458], [147.80162615704984|998.47033594831987], [177.0846790662919|997.088501303501731], [206.57085514078946|995.2652071706465], [236.4058902388995|993.14251939798419], [266.6897528368984|990.95754374659066], [297.44526687109345|989.01116179444341], [328.59149189182813|987.61290603268015], [359.93819223420894|987.00989597514297], [391.20992997833048|987.316284158607], [422.09928382180647|988.46371386211308], [452.336319794961396|991.19015150391965], [481.75349950913963|992.0/254.18164144], [510.327347281986|993.59466698170393], [538.1896515810872|994.23292473/7422], [565.61448/95711076|993.54494462277535], [599.99314775653386|991.2563808637581], [628.88526799985793|987.34826102318695], [649.57198887028912|988.13648929626822], [679.765130184/3031|978.310347673935], [711.657088476985|978.88312094349669], [745.74570237111184|967.02284182615267], [779.64658634449597|965.7699602753867], [814.1468443718601|967.769228046914], [847.4503381563593|972.72439330408918], [881.47227042791|967.022738152284], [901.81674358232613|988.00415036451757], [931.406426446449588|998.0890952542487], [951.785248995258|1800.16380650876], [976.7823776648176], [1001.47227042791|967.022738152284], [1021.814664265622|988.00415036451757], [1051.406426446449588|998.0890952542487], [1071.785248995258|1800.16380650876], [1101.727272795|107107125], [1164.4762668862|1936.68612776648176], [1186.4762668862|1936.68612776648176], [1204.4762668862|1936.68612776648176], [1227.408713665277|1089.6771824625036], [1254.408713665277|1089.6771824625036], [1284.7946442857657|1824.1618704951], [1318.804864696717|1030.4649199304098], [1338.0444958917535|1030.1004713734389], [1335.918240901128|1034.107564975597], [1355.7851061353|1033.7851061353], [1366.4810260348010|1030.47205246850169], [1343.900001794032|1030.481831474032], [1362.036306236822|1032.1005766324517], [1358.8604807762|1032.0976], [1368.44800475|1032.0976], [1378.12050073|1032.0976], [1398.726|1032.0976], [1411.753460544476|912.97747620251084], [1458.3781297321748|892.00082119923833], [1513.26467768384895|893.42852882734576], [1563.5223023553559|911.16688412175665], [1597.61245218728|947.508423632295165], [1611.8213092843612|987.0183119752358244], [1618.77575341154233|1819.2865449457093], [1662.179937182765], [1689.772830735379], [1592.7689158236547|1848.7689614985909], [1586.59082661885|1049.242512998583], [1586.5792802427427|1043.86853256847111], [1587.50583275195959], [1592.1651405801565|1004.07719076446468], [1605.14108331141686|1972.19264994948741], [1631.4241490626787|937.92857572006187], [1673.5188648087139|910.11025495564632], [1727.6299324831291|894.35913551519841], [1783.387938849131|912.23047460437885], [1823.9015828999852|945.4108448807139], [1844.4918107886709|986.8273019787613], [1846.3943048825652|1823.66680858627403], [1837.5631445135559|1048.8902757561168], [1825.79658594442|1061.5380371998499], [1816.089725895382|1063.981768063257], [1818.8614528556539|1055.4698417734965], [1813.9668096190539|1044.164558249772], [1819.5287140948556|1020.5307475766473], [1832.7856170316056|1058.0178174316056], [1854.478201514711|956.04963081070196], [1899.538741484715|923.20932612424588], [1952.683458916697|916.397824550463277], [2007.3455868049227|2027.55949801711019], [2056.50467715105563], [2065.0178174316056|958.80912695742779], [2072.55949801711019|999.34667585638249], [2076.5069387059557|1036.3876448898876], [2069.1924596463869|1062.49960204023362], [2085.2368972167462], [2049.57085414078947|1079.7132814582408], [2044.5998564038041|1075.8385058883937], [2049.6098135314396|1064.5852287741341], [2054.4374949791554|1043.9061228505213], [2065.1189787238309|1015.165240386394], [2086.733676198306|982.01388123508616], [2123.1337338163044|951.63651834951554], [2173.1802530847481|934.0241868964888], [2228.604241269101|937.66359080332347], [2276.1799817979991,963.33551418243997]
```

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: -123.

Acquisizione errata!

Il valore deve essere un numero naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 10.

Digita lunghezza del passo temporale: 0.05.

[1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0017082151240126, 1.0141065507015246, 1.055592536944328, 1.1393361334413421, 1.2496588881290112, 1.3407085992435028, 1.3683448462751635]

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
| numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 70.
[2.5603251504886444, 2.6173130875518451, 2.6743003361134736, 2.7312862727233584, 2.7882699234950472, 2.8452497337409888, 2.902223270300385, 2.9591868278009406, 3.0161349235423116, 3.0730596794931286, 3.1299501094113285, 3.1867913561671002, 3.2435639584941418, 3.30024326476144, 3.356799148438868, 3.4131962073448157, 3.4693946363673285, 3.5810255793815271, 3.6363765584417296, 3.6913737523816272, 3.7459986515297796, 3.8002499621472001, 3.8541473830426445, 3.9077338162177715, 3.9610753513724095, 4.0142586027046319, 4.0673853582028503, 4.120564966356585, 4.1739053375114148, 4.2275037518270286, 4.281437841786585, 4.3357644802101616, 4.390507546677838718734, 4.456677838718734, 4.5012214473160821, 4.5571267767457853, 4.6133306729789822, 4.6697754562745594, 4.7264047378432439, 4.7831678792840471, 4.8400224963833658, 4.8969351283844125, 4.953879863126045, 5.0108343176371921, 5.0677703978578714, 5.1246317724784811, 5.1812748045790835, 5.2373076720637135, 5.2916461629191316, 5.3412847832476835, 5.377917984853612, 5.38881438511586, 5.2847901328886708, 4.9575208394816599, 4.1837680274601219, 3.0925438891975219, 2.3434691794784466, 2.0532515015, 2.3893640769823898, 2.4463493939949714, 2.5033370170326315]

true ?

(25 ms) yes
| ?- □

```

## Test 7

```

| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
| altitudine iniziale = 100m,
| velocita' iniziale = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 1765.
[100.0, 17750.0, 35400.0]

| Calcolo del moto fugoide con attrito
Parametri iniziali:
velocita' iniziale = velocita' di trim,
angolo iniziale = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocita' di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = 1N.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: -129.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: -2.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 10.
[10.0, 1000.0, [300.0|10000.0], [575.4750000000002|1000.0], [791.56246565162689|864.99194142334773], [1170.5394792779377|209.79622282680998], [2567.2963356473438|598.69008141817149], [1978.0197754075464|770.56101904129832], [1998.6431950100541|534.59620269306583], [2885.8938529614579|1340.8395316462475], [3004.7805496807414|1428.087339061987], [3443.5662097211548|1436.3920967313945], [3800.1200186648171|1125.9184010947315], 4279.7547812195298, 50.082891346764882]

| Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 5.
Digita lunghezza del passo temporale: 6.
[1.0,-1.0834705943388371e+26, 2.8465727433083995e+27, -3.5727666705883976e+28, 2.8484450065442973e+29]

```



```

| Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 12.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: -0.1.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.1.
[1.0,1.0,1.0,1.000000021395026,1.00000067513197,1.000010263273822,1.0000100086319104,1.0000703386875331,1.0003794097438439,1.0016335099573894,1.00576334775
71737,1.016976459266707]

-----
```

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
| Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 21.
[1.963029017968277, 2.8854314654154951, -3.7591703623646291, 5.812804682399631, 3.2088548302682662, 3.4006298114687006, 3.592090666140296, 3.8012007651840292, 3.4937
057770489943, 0.10268289786064422, -700.53639712815118, -1789.5025156492904, -573.27628160351139, 13.93216171688821, 1.9874672625953997, 1.482881961903656, 1.67465457
68834542, 1.8663985426277945, 2.0590704436075975, 2.237328703452695, 2.5356259426799275]

true ?

(2 ms) yes
| ?- □

```

## Test 9

```

| ?- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele
-----
```

```

| Calcolo del moto fugoide senza attrito
| Parametri iniziali:
altitudine iniziale = 100m,
velocita' iniziale = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: 5.012.
[1.963029017968277, -193.56008262067198, -580.13617617977195, -243.29623087191226, 1769.5938574585052, 4628.4640847719875, 3372.977
322478162, -9041.9406379206375, -29522.411240592639, -27474.524360864449, 47571.459569571598, 190568.96132456471, 216583.20386230401, -226772.57250189965, -1203604.9
047426018, -1621358.3041061945, 927161.59356703982, 7471418.6945852414, 11731130.772257913]

-----
```

```

| Calcolo del moto fugoide con attrito
| Parametri iniziali:
velocita' iniziale = velocita' di trim,
angolo iniziale = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 100m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione = 100s,
velocita' di trim = 30m/s,
costante gravitazionale = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza = 1N.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

Digita lunghezza del passo temporale: -1.02.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 9.
[[0.0|1000.0],[270.0|1000.0],[520.1347499999994|1000.0],[729.98932241552779|898.56165042641328],[1044.6897968458243|430.41056032594815],[677.81815152043987|-645.60987931695081],[256.37923369771636|-2123.4507214966407],[-1048.7477796075964|-1101.9376484251725],[-1249.6420682965511|-734.13802134404182],[-1347.98552626632|-1045.0938463583657],[-1364.7672638949225|67.523955422382642],[-1657.7770603561469|654.04036443516725],[-1666.52449902634|715.3483417780642],-973.42989667357097,507.22077489768731]
```

Test 10

```
[1- main.
Progetto della sessione estiva del corso Programmazione Logica e Funzionale
Anno 2023/2024
Corso tenuto dal prof. Marco Bernardo
Progetto realizzato da: Barzotti Nicolas e Ramagnano Gabriele

-----[1] Calcolo del moto fugoide senza attrito
Parametri iniziali:
altitudine iniziale      = 100m,
velocita' iniziale        = 10m/s.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione   = 100s,
costante gravitazionale   = 9.81m/(s^2).
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

-----[2] Digita lunghezza del passo temporale: -12.0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 0.
Acquisizione errata!
Il valore deve essere maggiore di zero.
Digita lunghezza del passo temporale: 123.
[100.0,1330.0,2560.0]

-----[3] Calcolo del moto fugoide con attrito
Parametri iniziali:
velocita' iniziale          = velocita' di trim,
angolo iniziale              = 0rad,
spostamento laterale iniziale = 0m,
spostamento verticale iniziale = 1000m.
Parametri di simulazione:
secondi di simulazione     = 100s,
velocita' di trim            = 30m/s,
costante gravitazionale     = 9.81m/(s^2),
coefficiente di resistenza dell'aria = 0.025,
coefficiente di portanza    = 1N.
Parametro richiesto:
passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

-----[4] Digita lunghezza del passo temporale: 23.
[[0.0|1000.0],[690.0|1000.0],[1250.262791976839],[1006.0|775.58369329837691|1006.7142233055527],[1090.892110923364|1133.6971520682619],[2389.7808961014545|148.58202791976839],[405.23625184599541,-4577.067502621624]
```

```

| Calcolo dell' equazione di convezione lineare a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0,
valore della parte alta della funzione = 2.0,
valore della parte bassa della funzione = 1.0.
Parametri di simulazione:
numero di passi temporali da effettuare = 25,
velocita' dell'onda = 1.0.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda,
un valore alto permette una simulazione piu' accurata.
Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.
Passo temporale, determina la distanza temporale
tra due punti di simulazione, un valore basso
permette una simulazione piu' accurata.
| Il valore del passo temporale deve essere maggiore di zero.

```

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 2.  
 Digita lunghezza del passo temporale: 0.2.  
 [1.0,1.0]

```

| Calcolo dell'equazione di Burgers a una dimensione
Parametri iniziali:
estremo superiore del dominio spaziale = 2.0 * pi,
estremo inferiore del dominio spaziale = 0.0.
Parametri di simulazione:
tempo finale di simulazione = 0.6s,
coefficiente di diffusione = 1.0m^2/s,
costante di Courant-Friedrichs-Lowy = 0.1.
Parametri richiesti all'utente:
numero di punti che compongono la funzione d'onda.
| Il valore del numero di punti dell'onda deve essere un naturale.

```

Digita il numero di punti totali della funzione d'onda: 3.  
 [4.0,4.0,4.0]

true ?

(4 ms) yes  
 | ?- □