

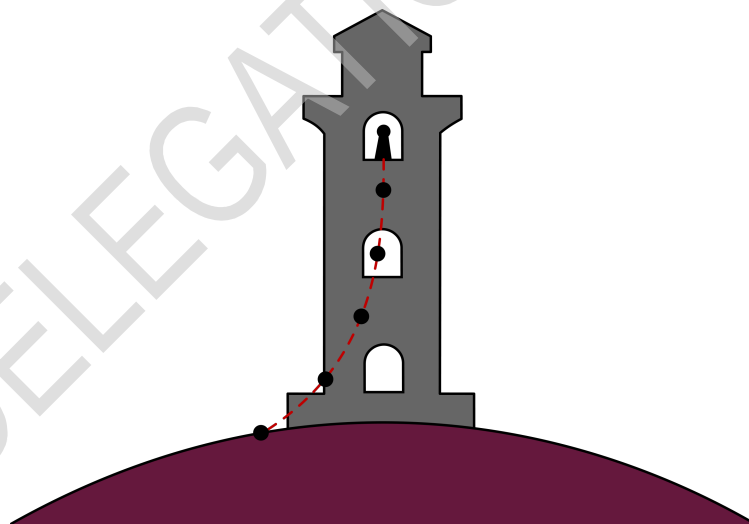
Pianeta (12 punti)

Ti ritrovi su un pianeta alieno senza sapere come ci sei arrivato. La prima cosa che provi a fare è conoscere meglio il pianeta in cui ti trovi. Ricordi come Galileo sperimentò la caduta delle sfere e, ispirato da questo, costruisci una torre perfettamente verticale di altezza $H = 2000$ m. Ottenuta la torre, ora puoi iniziare a far cadere sfere da qualsiasi altezza h dalla torre (misurata tra il terreno e la parte inferiore della sfera immediatamente prima che viene lasciata libera). A causa delle limitazioni dei materiali a tua disposizione, puoi far cadere solo sfere di raggio compreso tra $5 \text{ cm} \leq r \leq 50 \text{ cm}$ e densità compresa tra $0.1 \text{ g/cm}^3 \leq \rho \leq 10 \text{ g/cm}^3$.

Ogni volta che lasci cadere una sfera, la lasci andare da ferma e sei in grado di misurare la durata t della caduta e la distanza orizzontale s tra il punto in cui la sfera tocca terra e il punto perpendicolare al punto in cui è stata lasciata cadere.

Prima di iniziare i tuoi esperimenti, hai effettuato le seguenti osservazioni sul pianeta:

- Basandoti sul movimento del Sole, hai scoperto di essere da qualche parte sull'equatore del pianeta.
- Il pianeta ha un'atmosfera; la densità dell'aria è abbastanza piccola da trascurare la forza di galleggiamento dovuta ad essa.
- La temperatura al suolo vale $T_0 = 20^\circ\text{C}$.
- Sembra che ci sia un vento che soffia lungo l'equatore uniforme per tutta l'altezza della torre; trascurare l'effetto della torre sulla velocità del vento.



Un libera interpretazione del problema da parte di un artista.

Descrizione del software di simulazione

Dopo aver inserito l'altezza h dalla quale la sfera è caduta, il suo raggio r e la sua densità ρ , il programma a riga di comando simula le misurazioni del tempo di caduta t e della deflessione s dalla base della torre. Tutti i valori dei parametri di ingresso vengono inseriti tramite la tastiera dopo la corrispondente richiesta e sono convalidati premendo il tasto **Invio**.

Per iniziare, utilizzare la seguente chiave di autorizzazione quando richiesto:

Enter Valid Authorization Key: 12345678.888

L'inserimento di un valore errato metterà il programma in modalità test; dovrai riavviare il programma.
Un tipico output di un singolo ciclo di simulazione del programma è simile a:

```

0 < h (m) < 2000 | h (m): 90
5 < r (cm) < 50 | r (cm): 13
0.1 < rho (g/cm^3) < 10.0 | rho (g/cm^3): 2
...
t (s) = 3.5, s (m) = 0.1
=====
0 < h (m) < 2000 | h (m): _

```

Innanzitutto, inserisci l'altezza h in m (numero compreso tra 0 e 2000), quindi il raggio r della sfera in cm (numero tra 5 e 50) e infine la densità ρ della sfera in g/cm^3 (numero tra 0,1 e 10). Ogni immissione viene confermata con il tasto **Invio**. Il programma produrrà quindi l'uscita di t in s e s in m.

Il programma torna quindi alla richiesta dell'altezza di caduta.

L'immissione di un valore che non rientra nell'intervallo per l'esperimento risulterà in un messaggio di errore,

Value Out Of Bounds!

e successivamente vieni rinviato al prompt con il valore errato.

L'altezza immessa h sarà arrotondata a 1 m, r a 1 cm e ρ a 0,01 g/cm^3 . (Non ha senso cercare di inserire numeri più precisi).

I risultati dell'esperimento avranno associati errori casuali, in modo da simulare la precisione limitata che si avrebbe nella vita reale. Le dimensioni degli errori possono essere trovate osservando le fluttuazioni nei valori di risposta.

Ogni volta che devi uscire dal programma, premi **Ctrl+C**.

Elenco di costanti e relazioni utili

La costante gravitazionale $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.

La costante dei gas perfetti $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$,

$0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$.

La resistenza dell'aria per una sfera di area della sezione trasversale A , e velocità v nell'aria di densità ρ_a è data da

$$F_d = 0.24 A \rho_a v^2.$$

Un'atmosfera adiabatica ha un profilo di densità dato da

$$\rho_a(h) = \rho_{a0} \left(1 - \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{\mu g h}{RT_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \rho_{a0} \left(1 - \frac{h}{H_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}},$$

valida fino all'estremità superiore dell'atmosfera dove $T = 0K$. Nella formula γ è il coefficiente adiabatico, μ la massa molare dell'aria (cioè il gas nell'atmosfera del pianeta), g l'accelerazione di caduta libera e h l'altezza da terra.

Parte A. Le proprietà del pianeta (3,0 punti)

- | | | |
|------------|--|-------|
| A.1 | Determinare l'accelerazione di caduta libera g sul pianeta effettuando una serie adeguata di misurazioni e disegnando un grafico appropriato nello spazio fornito nel foglio. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 2.0pt |
| A.2 | Allontanandoti dalla torre lungo l'equatore, scopri di poter vedere la torre fino a una certa distanza $L = 230$ km. (misurata come la distanza tra te e la cima della torre) Qual è il raggio R del pianeta? Puoi presumere che la tua altezza sia molto inferiore all'altezza della torre. | 0.5pt |
| A.3 | Stimare la massa M del pianeta. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. Quale effetto fisico contribuisce maggiormente all'accuratezza della tua stima per M ? Spunta l'effetto appropriato nel foglio delle risposte. | 0.5pt |

Parte B. Le proprietà dell'atmosfera (6,5 punti)

- | | | |
|------------|--|-------|
| B.1 | Determinare la velocità u del vento sulla superficie del pianeta effettuando un'opportuna serie di misurazioni e disegnando un grafico appropriato nello spazio previsto del foglio risposte. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 2.0pt |
| B.2 | Determinare la densità dell'aria ρ_{a0} sulla superficie del pianeta raccogliendo dati aggiuntivi o riutilizzando i dati precedenti e disegnando un grafico appropriato nello spazio fornito nel foglio risposte. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 1.0pt |
| B.3 | Supponendo che l'atmosfera sia adiabatica con un coefficiente adiabatico $\gamma = 1,4$, determinare lo spessore H_0 dell'atmosfera effettuando un opportuno insieme di misurazioni e disegnando un grafico appropriato nello spazio fornito nel foglio risposte. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 3.0pt |
| B.4 | Determinare la massa molare μ dell'aria e la pressione p_0 dell'aria alla base della torre. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 0.5pt |

Parte C. La durata di un giorno (2,5 punti)



- | | | |
|------------|--|-------|
| C.1 | Determinare la durata, T_p , di un giorno sul pianeta effettuando un opportuno insieme di misurazioni e disegnando un grafico appropriato nello spazio previsto nel foglio risposte. Fornire un'analisi dell'incertezza nel risultato. | 2.5pt |
|------------|--|-------|

DELEGATION PRINT