

Capolavoro

Eros Di Millo

June 2025

1 Cosa Fa

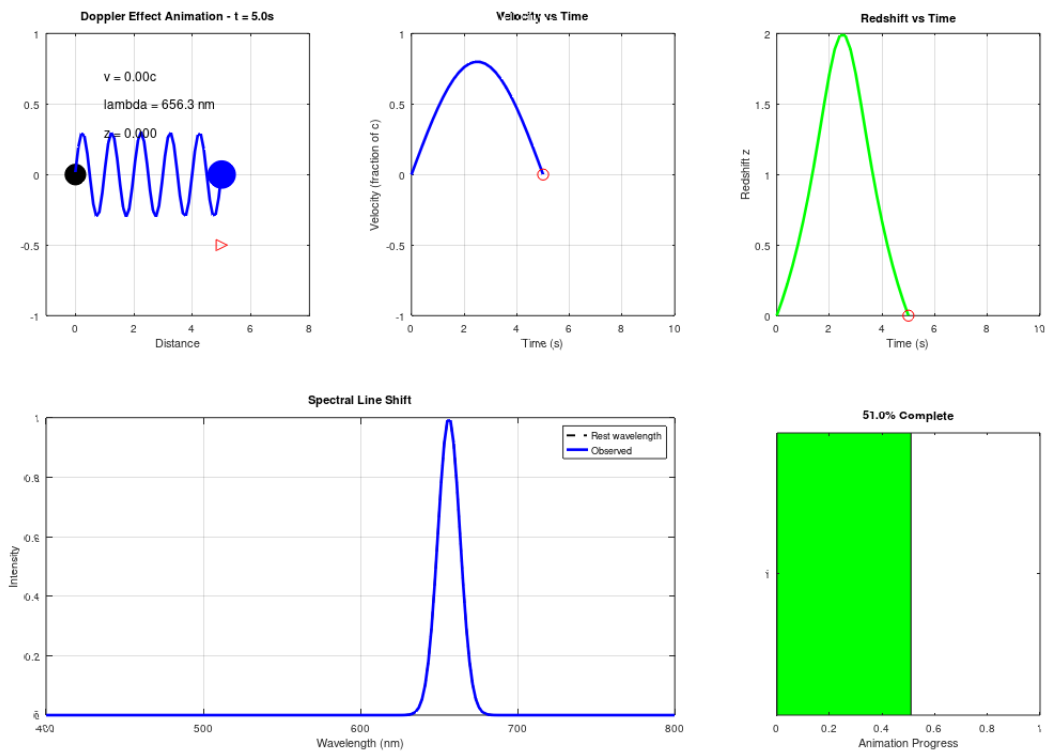
Questo progetto è una simulazione dell'effetto redshift tramite l'uso di Octave.

Questo programma può simulare vari tipi di redshift:

1. Doppler Redshift: è la variazione della lunghezza d'onda della luce a causa del movimento della sorgente, che ci aiuta a capire la velocità con cui oggetti astronomici si allontanano.

In questo caso il programma fa' diverse cose:

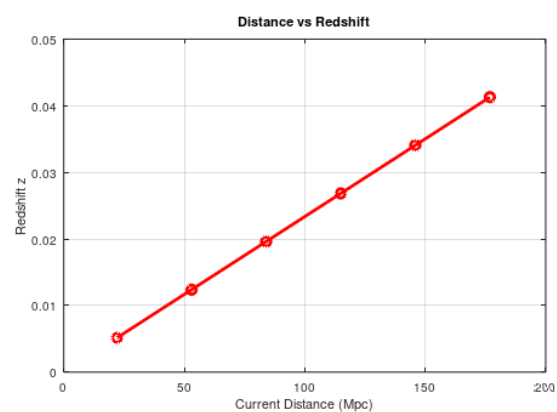
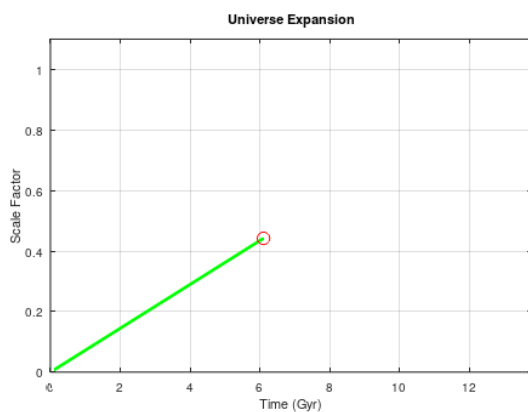
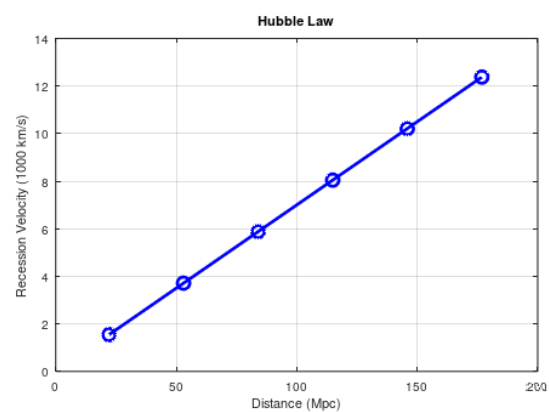
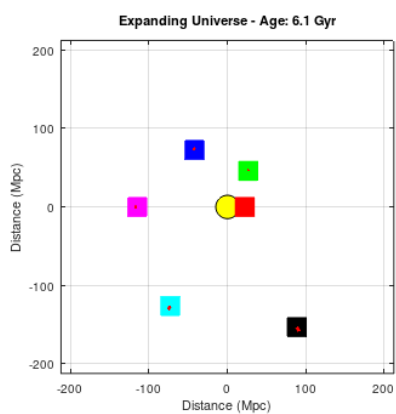
- L'oggetto oscilla a velocità relativistiche(da $-0.8c$ a $+0.8c$).
- Effetti visivi in tempo reale: il colore cambia da blu(oggetto in avvicinamento) a rosso(in allontanamento).
- Grafici dinamici: variazioni di velocità, redshift e linee spettrali nel tempo.
- Visualizzazione onda: mostra l'effettiva compressione/allungamento dell'onda luminosa.



2. Redshift Cosmologico: Questo è un effetto dovuto all'espansione dell'universo: mentre lo spazio stesso si espande, anche la luce che viaggia attraverso di esso viene allungata, con un conseguente allungamento della sua lunghezza d'onda.

In questo caso il programma fa' diverse cose:

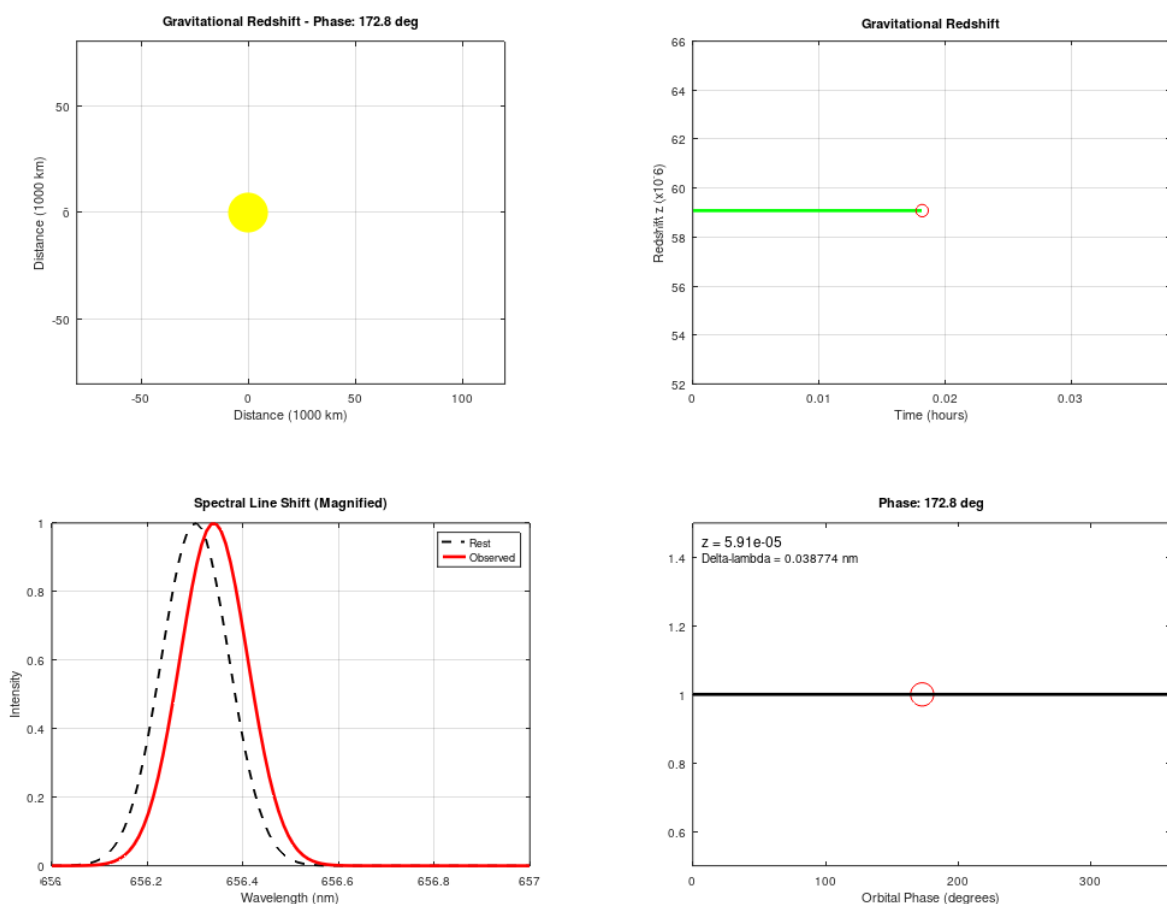
- Simulazione dell'universo in espansione: 8 galassie si allontanano in 13,8 miliardi di anni.
- Evoluzione del diagramma di Hubble: mostra lo sviluppo della relazione distanza-velocità.
- Animazione del fattore di scala: espansione dell'universo dal Big Bang a oggi.
- Tracciamento multigalassiale: evoluzione del redshift di ciascuna galassia nel tempo cosmico.



3. Redshift Gravitazionale: Quando la luce scivola fuori da una regione di forte gravità, la sua lunghezza d'onda aumenta, e quindi si sposta verso il rosso.

In questo caso il programma fa diverse cose:

- Meccanica orbitale: Sorgente luminosa orbitante una stella di massa pari a due volte quella del Sole.
- Spostamento verso il rosso dipendente dalla distanza: Mostra come gli effetti gravitazionali variano con la posizione orbitale.
- Dinamica orbitale reale: Fisica propria con le leggi di Keplero.
- Tracciamento delle linee spettrali: Spostamenti di lunghezza d'onda al variare delle orbite della sorgente.



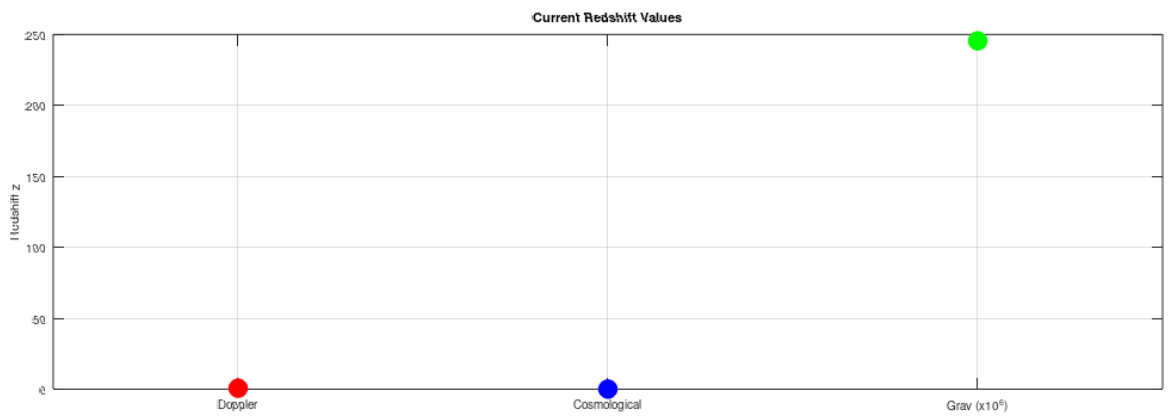
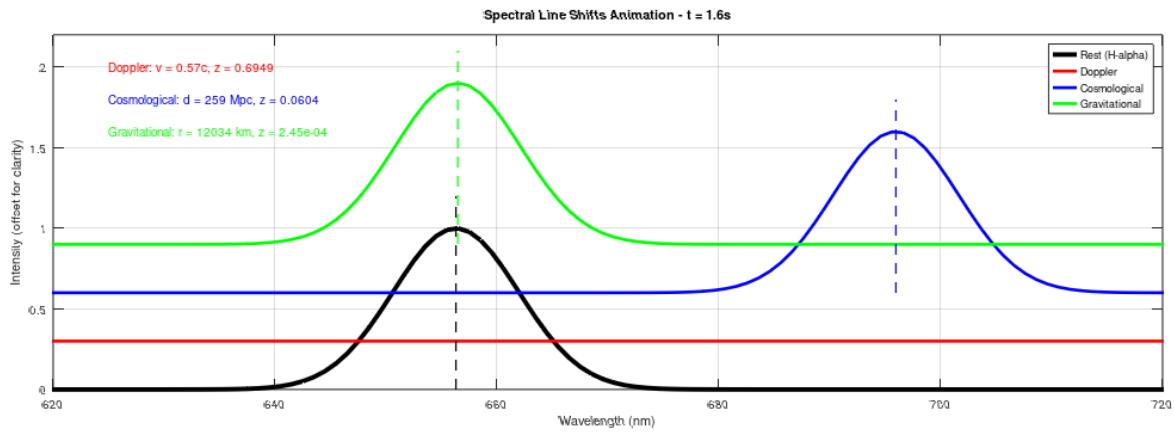
4. Linee Spettrali: Quando osserviamo lo spettro di una sorgente di luce, vediamo linee più scure o più brillanti in corrispondenza di lunghezze d'onda specifiche, che sono legate a transizioni energetiche degli atomi.

Qui andremo a vedere la differenza tra i 3 tipi di redshift in particolare:

- Redshift Cosmologico: Spostamento verso il rosso dovuto all'espansione dell'universo. Colpisce l'intero spettro.
- Redshift Gravitazionale: Spostamento verso il rosso dovuto a un forte campo gravitazionale. Colpisce tutte le linee spettrali in modo simile, ma il fenomeno è legato alla gravità.
- Effetto Doppler: Spostamento delle linee spettrali a causa del movimento relativo tra la sorgente e l'osservatore. Può causare sia redshift che blueshift.

In questo caso il programma farà diverse cose:

- Confronto simultaneo : tutti e tre gli effetti di redshift concomitanti.
- Visualizzazione multilinea: mostra come la stessa linea spettrale si sposta in modo diverso per ciascun effetto.
- Evoluzione dei parametri: velocità, distanze e campi gravitazionali variabili nel tempo.
- Effetti codificati a colori:
 - Rosso = Doppler
 - Blu = Cosmologico
 - Verde = Gravitazionale



5. Demo Interattiva In Tempo Reale: Questa demo ti permette di interagire con i grafici e di selezionare le variabili a piacere entro i confini comunicati.

In questo caso il programma fa diverse cose:

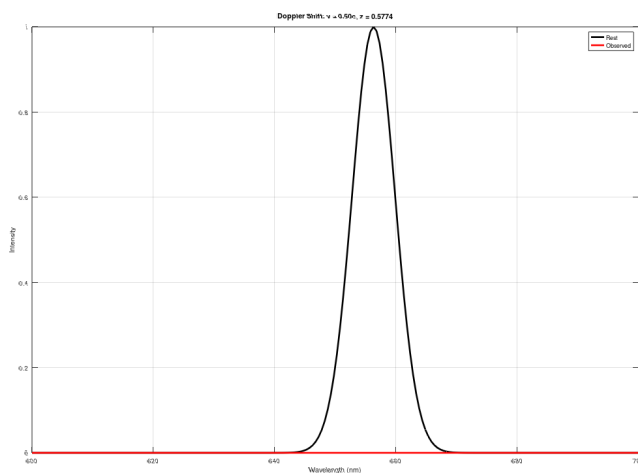
- Controllo con il mouse: muovi il cursore per controllare velocità(orizzontale) e distanza(verticale).
- Feedback in tempo reale: aggiornamenti istantanei delle linee spettrali mentre muovi il mouse.
- Controllo di due parametri: effetti Doppler e cosmologici simultanei.
- Calcoli in tempo reale: tutta la fisica calcolata al volo.

```

--- Redshift Calculator ---
1. Doppler effect
2. Cosmological redshift
3. Gravitational redshift
4. Exit
Select option (1-4): |

Select option (1-4): 1
Enter velocity as fraction of c (-0.9 to 0.9): 0.5
Doppler redshift:  $z = 0.5774$ 
Observed wavelength: 1035.21 nm

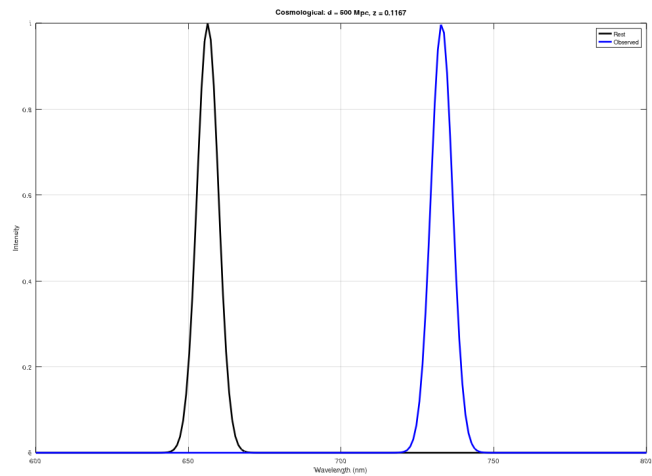
```



```

Select option (1-4): 2
Enter distance in Mpc (10-1000): 500
Cosmological redshift:  $z = 0.1167$ 
Recession velocity: 35000 km/s

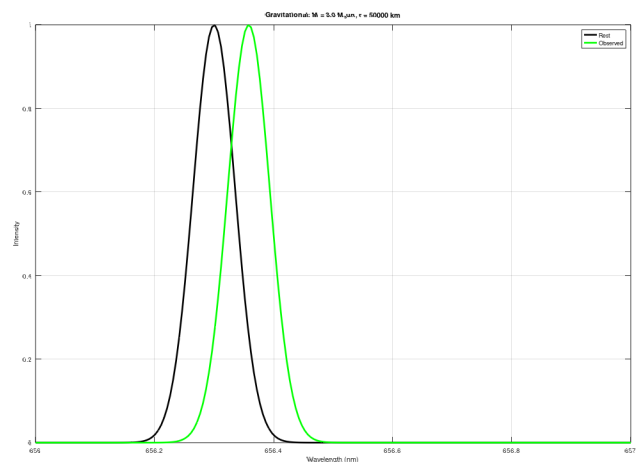
```



```

Select option (1-4): 3
Enter stellar mass in solar masses (0.5-5): 3
Enter distance from star in km (1000-100000): 50000
Gravitational redshift:  $z = 8.86e-05$ 
Wavelength shift: 0.058161 nm

```



2 Come L'Ho Realizzato

Guardando questo codice Octave per un simulatore di redshift, posso illustrare il percorso logico e la struttura che ho seguito per creare questa simulazione fisica completa.

2.1 Percorso dell'Architettura Generale

Ho iniziato con un approccio modulare basato su menu:

2.2 Funzione Controllore Principale

La funzione `redshift_simulator()` gestisce:

- Configurazione dell'ambiente

- Caricamento dei pacchetti necessari
- Presentazione di un menu utente per diversi tipi di simulazione
- Indirizzamento alle funzioni specializzate appropriate

2.3 Il Percorso di Implementazione della Fisica

Il codice segue i tre tipi fondamentali di redshift in astrofisica:

2.3.1 Redshift Doppler

Funzione: `animate_doppler_redshift()`

Percorso seguito:

- Ho iniziato con l'effetto Doppler classico ma ho implementato **correzioni relativistiche**
- Ho usato la formula relativistica:

$$\lambda_{osservata} = \lambda_0 \times \gamma \times \frac{1 + v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (1)$$

- Ho creato un moto sinusoidale per mostrare sia redshift (allontanamento) che blueshift (avvicinamento)
- L'ho visualizzato con codifica colori: rosso per redshift, blu per blueshift

2.3.2 Redshift Cosmologico

Funzione: `animate_cosmological_redshift()`

Percorso seguito:

- Ho implementato la **Legge di Hubble**:

$$v = H_0 \times d \quad (2)$$

- Ho simulato l'espansione dell'universo con un fattore di scala nel tempo cosmico (13,8 miliardi di anni)
- Ho mostrato multiple galassie a distanze diverse che si allontanano simultaneamente
- Ho creato il classico **diagramma di Hubble** (distanza vs velocità di recessione)

2.3.3 Redshift Gravitazionale

Funzione: `animate_gravitational_redshift()`

Percorso seguito:

- Ha usato la **relatività generale**:

$$z = \frac{GM}{c^2 r} \quad (3)$$

- Ha simulato una sorgente luminosa in orbita attorno a una stella massiccia
- Ha mostrato come il redshift varia con la distanza dalla sorgente gravitazionale
- Questo è l'effetto più sottile (magnitudine più piccola)

2.4 Percorso della Strategia di Visualizzazione

Ho scelto un **approccio multi-pannello** per ogni animazione:

1. **Visualizzazione fisica principale** (moto dell'oggetto, espansione dell'universo, meccanica orbitale)
2. **Grafici di tracciamento parametri** (velocità vs tempo, fattore di scala, ecc.)
3. **Visualizzazione delle righe spettrali** (la firma osservazionale reale)
4. **Indicatori di progresso e display parametri in tempo reale**

2.5 Decisioni di Design del Codice

2.5.1 Percorso di Compatibilità Octave

- Ho aggiunto rilevamento esplicito di Octave e caricamento pacchetti
- Ho usato comandi grafici più semplici (evitato funzioni specifiche avanzate di MATLAB)
- Ho ridotto la complessità computazionale per migliori prestazioni
- Ho usato schemi di colori basici invece di mappe colori complesse

2.5.2 Framework di Animazione

- Animazioni a passi temporali con `drawnow` e pause
- Aggiornamenti parametri in tempo reale
- Capacità di interruzione interattiva (Ctrl+C)

2.6 La Logica Educativa

Ho strutturato questo come una **progressione di apprendimento**:

1. **Iniziare con concetto familiare** (effetto Doppler dall'esperienza quotidiana)
2. **Scalare ai fenomeni cosmici** (universo in espansione)
3. **Introdurre effetti relativistici sottili** (redshift gravitazionale)
4. **Confrontare tutti gli effetti simultaneamente** (animazione righe spettrali)
5. **Fornire esplorazione pratica** (demo interattiva)

2.7 Percorso di Implementazione Tecnica

2.7.1 Ottimizzazioni delle Prestazioni

- Numero ridotto di punti grafico per compatibilità Octave
- Usati modelli matematici semplificati dove la complessità totale non era necessaria
- Implementati meccanismi di aggiornamento efficienti

2.7.2 Esperienza Utente

- Output console chiaro con istruzioni
- Metodi di visualizzazione multipli (grafici, animazioni, spettri)
- Gestione errori e validazione input nella modalità interattiva