

Teorias del movimiento estelar, contrastes

May 18, 2023

1 Teorias del movimiento estelar, contrastes

2 Influencia de la velocidad de propagacion de la fuerza

2.1 ¿Por que contra todo pronostico aumenta la velocidad tangencial de las estrellas en la galaxia al aumentar la distancia al centro?

Autor: Victor Estrada Diaz **Fecha:** 17/05/2023

La distribución de las velocidades tangenciales de las estrellas parece no seguir la distribución prevista por la teoría de Newton ni por la teoría de la relatividad de Einstein sin corrección de la propagación de la fuerza. En cambio, parece aumentar con la distancia.

La distribución de las estrellas respecto a su velocidad tangencial (Figura 1) presenta una forma angular entre 5 a 35 grados, y la concentración de estrellas disminuye con la distancia aumentando su dispersión de velocidades.

La velocidad tangencial no sigue la distribución prevista ni por Newton (figura 2) que sigue una curva decreciente con la distancia, ni por Einstein (figura 3) que muestra una distribucion casi plana, sin pendiente.

La velocidad observada de los datos de GAIA de la ESO muestran que la velocidad tangencial aumenta con la distancia y lo hace siguiendo aparentemente una pendiente creciente linial (figura 1).

Hay un aspecto crucial en el que todos los modelos carecen y es el considerar que la fuerza no importa si se está propagando o no en un tiempo finito. Lejos de ésto no se considera el aspecto crucial de la velocidad de propagación por lo que a todos los efectos se considera que el efecto de la fuerza es instantanea. Yo pesonalmente planteo de que el TIEMPO DE PROPAGACION DE LA FUERZA es un aspecto crucial que no debe de obbiarse dadas las distancias en la galaxia medidas en años luz.

Es por ello que propongo el ModeloV2 que si tiene en cuenta que la fuerza se propaga en la galaxia a la velocidad de la luz. Mi modelo V2 aplicado a una muestra de estrellas obtenidas en el proyecto GAIA que demuestran un aumento en la distancia al centro galactico lleva parejo un aumento en la velocidad tangencial observado en las estrellas. Este aumento con la distancia no lo demuestran el modelo newtoniano Modelo_VN ni el modelo de Einstein Modelo_V1.

El modelo que propongo Modelo_V2 si considera que la fuerza se propaga en un tiempo finito y adapta las ecuaciones de Einstein y se ve que este nuevo modelo si responde al incremento de velocidad observado con la distancia, aunque este modelo predice una pendiente de velocidad mas pronunciada a la observada.

Se requiere de un estudio para justificar esta diferencia en la pendiente pero si justifica un aumento de la velocidad al alejarse la estrella del centro galáctico.

El modelo_V2 no precisa de la materia oscura para justificar las observaciones y por lo menos a nivel galactico hace absolutamente innecesaria esta exótica y no observada materia.

La (figura 3) muestra la diferencia entre el modelo de Einstein (azul) y el modelo propuesto Modelo_V2 La (figura 4) muestra la distribucion de estrellas respecto al nucleo galactico,

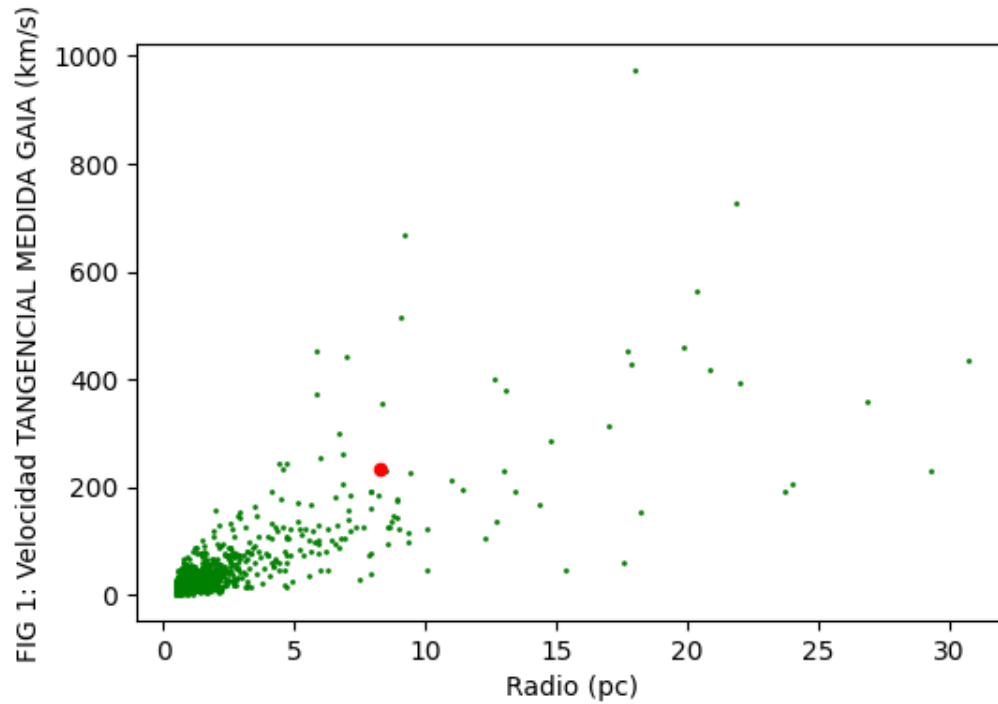
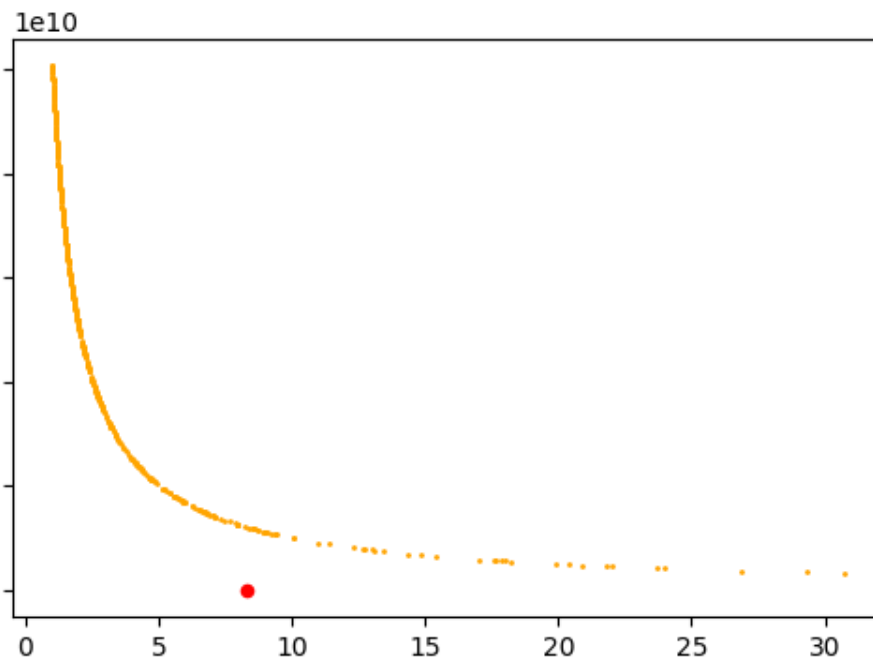
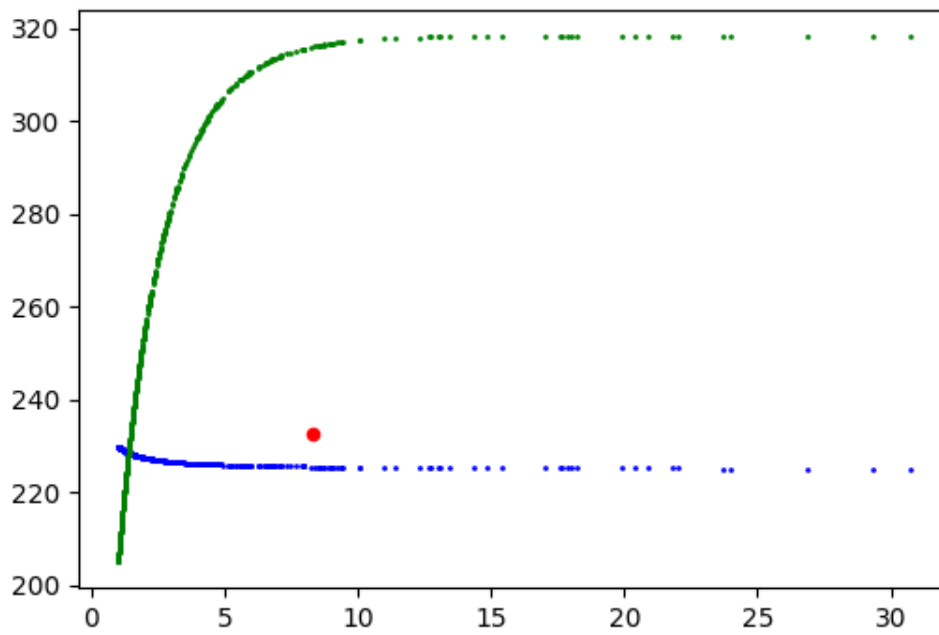
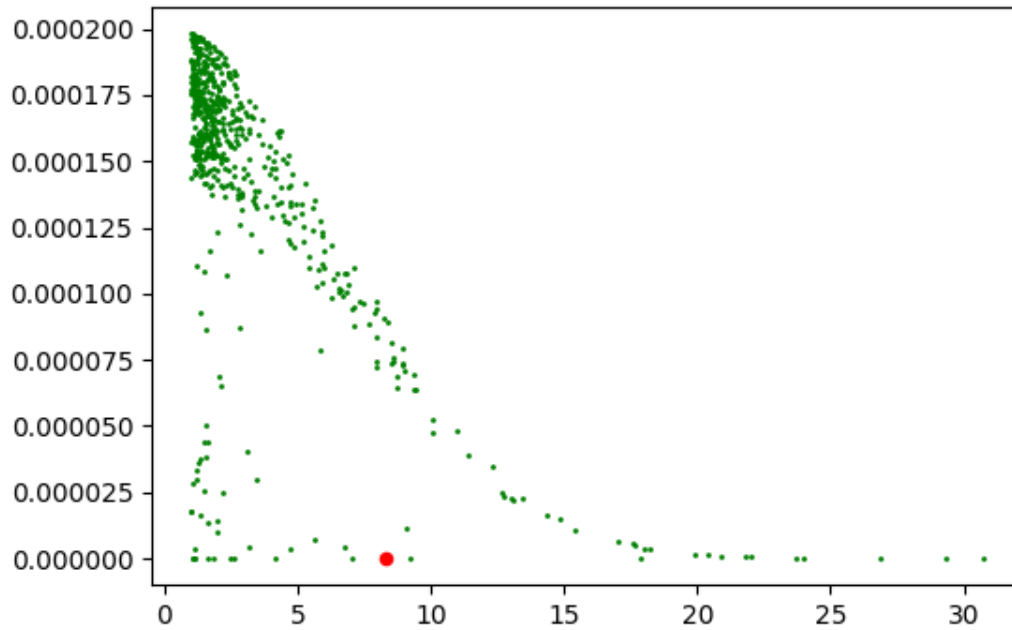


FIG 2: Velocidad TANGENCIAL SEGUN NEWTON (km/s)



:: Velocidad (azul) Modelo Einstein, (verde) Modelo VED(ki





Estimación teórica de la velocidad tangencial de las estrellas en la galaxia

La velocidad tangencial de una estrella en una galaxia se puede estimar a partir de la ecuación de la fuerza gravitatoria que actúa sobre ella. En términos generales, podemos suponer que la estrella está en movimiento circular alrededor del centro de la galaxia y, por tanto, su velocidad tangencial se puede expresar en función de la fuerza gravitatoria y la distancia al centro de la galaxia.

Empezamos considerando un modelo simplificado donde la estrella está ligada al núcleo de la galaxia mediante una fuerza central, y su velocidad radial es constante. Supongamos que la estrella tiene una masa m y que su velocidad radial es v_r . La fuerza gravitatoria que actúa sobre ella es igual a:

$$F = G * M_{\text{gal}} * m / r^2$$

donde G es la constante gravitatoria, M_{gal} es la masa de la galaxia y r es la distancia entre el centro de la galaxia y la estrella. Para un movimiento circular, la fuerza centrípeta que actúa sobre la estrella es igual a la fuerza gravitatoria, y podemos escribir:

$$F = m * v^2 / r$$

Igualando estas dos ecuaciones, se obtiene que la velocidad tangencial v es igual a:

$$v_n = (G * M_{\text{gal}} / r)^{(1/2)}$$

Este modelo es muy simple y no tiene en cuenta la distribución de masa de la galaxia, ni la velocidad de propagación finita de la fuerza gravitatoria. Por tanto, podemos mejorar la precisión de la estimación de la velocidad tangencial considerando otros modelos más complejos.

Modelo V1: ecuaciones de campo de Einstein Aun que es mas preciso estas ecuaciones aún no tienen en cuenta que la fuerza no se propaga instantaneamente si no que en el vacio lo hace a velocidad C .

Un modelo más preciso para estimar la velocidad tangencial se basa en las ecuaciones de campo de

Einstein, que describen la curvatura del espacio-tiempo en presencia de masa y energía. Para una galaxia esférica, se puede demostrar que la velocidad tangencial es igual a:

$$v_t = (G * M_{gal} * r / (r^2 + b^2))^{1/2}$$

donde b es un parámetro de ajuste que tiene en cuenta la distribución de masa de la galaxia. Este modelo tiene en cuenta la distribución de masa, pero aún no considera la velocidad finita de propagación de la fuerza gravitatoria.

$f(r)$ es la fuerza gravitatoria ejercida por la galaxia sobre la estrella. En este caso, asumimos que la fuerza es circular, es decir, que la velocidad tangencial de la estrella es constante en todo momento.

La fuerza centrípeta necesaria para mantener un movimiento circular es:

$$f_c = (m * v_t^2) / r$$

donde m es la masa de la estrella, v_t es su velocidad tangencial y r es la distancia al centro de la galaxia.

Igualando la fuerza gravitatoria y la centrípeta, obtenemos:

$$f(r) = f_c$$

$$G * M_{gal} * m / r^2 = m * v_t^2 / r$$

Despejando la velocidad tangencial v_t , obtenemos:

$$v_1 = (G * M_{gal} / r)^{1/2}$$

Esta es la velocidad teórica v_1 que calculamos anteriormente sin tener en cuenta la propagación de la fuerza gravitatoria. En la próxima sección, vamos a introducir la corrección necesaria para tener en cuenta este efecto.

Modelo V2: considerando la velocidad de propagación finita

La velocidad de propagación finita de la fuerza gravitatoria es un factor importante que debemos tener en cuenta para estimar la velocidad tangencial de las estrellas en la galaxia. Asumamos que la fuerza gravitatoria se propaga a una velocidad c , igual a la velocidad de la luz. La fuerza que actúa sobre una estrella en la galaxia se puede expresar como:

$$F = G * M_{gal} * m / (r^2 + (ct)^2)$$

donde t es el tiempo que tarda la fuerza gravitatoria en llegar a la estrella, y c es la velocidad de propagación de la fuerza gravitatoria. Como en este caso consideramos un movimiento circular, la fuerza centr User continua

La nueva fórmula para la velocidad tangencial de la estrella, que tiene en cuenta la propagación finita de la fuerza, es:

$$v_2 = (G * M_{gal} * r / ((r^2 + b^2) * (1 - (r / (c * t))^2)))^{1/2}$$

donde:

v_2 es la velocidad tangencial de la estrella teniendo en cuenta la propagación finita de la fuerza G es la constante gravitacional M_{gal} es la masa de la galaxia r es la distancia entre el centro de la galaxia y la estrella b es un parámetro de ajuste que tiene en cuenta la distribución de masa de la galaxia. c es la velocidad de la luz t es el tiempo que tarda la fuerza de atracción en propagarse desde la galaxia hasta la estrella.

Esta fórmula tiene en cuenta el hecho de que la fuerza gravitatoria se propaga a una velocidad finita, lo que puede tener un efecto significativo en la velocidad observada de las estrellas en el sistema de una galaxia. El parámetro t en la fórmula representa el tiempo que tarda la fuerza de atracción en propagarse desde la galaxia hasta la estrella, y su valor dependerá de la distancia r entre la galaxia y la estrella.

Esperamos que esta nueva fórmula pueda contribuir a una mejor comprensión de la atracción gravitatoria en sistemas galácticos y a una mayor precisión en la modelización y predicción de los fenómenos astrofísicos. Sin embargo, es importante señalar que esta fórmula es una simplificación y que existen muchos factores que pueden afectar la velocidad observada de las estrellas en el sistema de una galaxia, por lo que se necesitarán más investigaciones y refinamientos en el futuro.

```
[1]: import pandas as pd
import numpy as np
from scipy.optimize import curve_fit
import math
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.special import erf

import math
#<SOL:

# Definir las variables para la posición y velocidad del Sol en el sistema de_
→coordenadas galácticas
x0 = 8.3 # kpc
y0 = 0 # kpc
z0 = 0.027 # kpc
vx0 = -11.1 # km/s
vy0 = 232.24 # km/s
vz0 = 7.25 # km/s

import numpy as np

#<SOL:

# Definir las variables para la posición y velocidad del Sol en el sistema de_
→coordenadas galácticas
x0 = 8.3 # kpc
y0 = 0 # kpc
z0 = 0.027 # kpc
vx0 = -11.1 # km/s
vy0 = 232.24 # km/s
vz0 = 7.25 # km/s

# Calcular la velocidad tangencial del Sol en el plano galáctico
v0 = (vx0**2 + vy0**2)**0.5
```

```

d0 = math.sqrt(x0**2 + z0**2)
print(f"El Sol esta a {d0:.2f} kpc del centro de la galasia\n\
      y viaja a {v0:.2f} Km/seg tangencial mente")
#/SOL>

# Definimos los argumentos para el Sol
masa_entorno = 8.615e10 # Masa total de la Vía Láctea en unidades solares
masa_sol = 1.989e30 # Masa del Sol en kg
distancia_sol = 8 # Distancia del Sol al centro de la galaxia en kpc
v_max = 225 # Velocidad máxima de la galaxia en km/s

variables = 'source_id, ra, dec, parallax, radial_velocity, designation, \
↳ phot_g_mean_mag, phot_bp_mean_mag, phot_rp_mean_mag, pmra, pmdec'
n_ = ['source_id', 'ra', 'dec', 'parallax', 'radial_velocity', 'designation', \
↳ 'phot_g_mean_mag', 'phot_bp_mean_mag', 'phot_rp_mean_mag', 'pmra', 'pmdec']

def get_jobs_results(jobs):
    results = []
    for job in jobs:
        r = job.get_results()
        if r is not None:
            results.append(r)
    if len(results) > 0:
        return pd.concat(results, ignore_index=True)
    else:
        return None

def sql_gaia(n_estrellas):
    import os.path

    if os.path.isfile("datos_gaia.csv"):
        print("datos_gaia.csv existe no necesaria consulta a Gaia")
        return

    print("Haremos una consulta a Gaia para obtener datos")

    # Crear la consulta SQL
    sql = f"""
    SELECT TOP {n_estrellas} {variables}
    FROM gaiadr3.gaia_source
    """

    # Ejecutar la consulta y obtener los resultados
    print (sql)

    job = Gaia.launch_job_async(sql)

```

```

result = job.get_results()
# Convertimos los resultados a una tabla de astropy
table = Table(result)

# Escribimos la tabla en un archivo CSV
table.write('datos_gaia.csv', format='csv', overwrite=True)

return len(table)

def modelo_VN(masa_entorno, masa, radio, v_max=225):
    """
    Calcula la velocidad tangencial de una estrella utilizando el modelo
    ↪ newtoniano.

    Args:
    - masa_entorno (float): masa del entorno de la estrella en Masa Solar.
    - masa (float): masa de la estrella en Masa Solar.
    - radio (float): distancia de la estrella al centro de la galaxia en kpc.
    - v_max (float): velocidad de rotación máxima de la galaxia en km/s.

    Returns:
    - v_n (float): velocidad tangencial de la estrella en km/s.
    """
    G = 4.302e-6 # Constante gravitacional en unidades de kpc/Masa Solar (km/s)^2
    v_n = np.sqrt(G * masa_entorno / radio) * np.sqrt(1 + masa / masa_entorno) *
    ↪ (v_max / np.sqrt(radio))
    return v_n

def modelo_V1(masa_entorno, masa_estrella, radio, v_max=225):
    """
    Modelo Newtoniano para calcular la velocidad tangencial en el plano de la
    ↪ galaxia.

    Argumentos:
    - masa_entorno: masa total del entorno en unidades solares.
    - masa_estrella: masa de la estrella en unidades solares.
    - radio: radio de la órbita en kpc.
    - v_max: velocidad máxima en km/s.

    Retorna:
    - Velocidad tangencial en km/s.
    """
    G = 4.3e-6 # Constante gravitacional en unidades kpc^3/(M_sol * Gyr^2)
    masa_total = masa_entorno + masa_estrella

```



```

    v_c = np.sqrt(G * masa_total / radio) # Velocidad circular en km/s
    v_n = v_max * np.sqrt(masa_entorno / masa_total) # Velocidad de
↳ Navarro-Frenk-White en km/s
    v_t = np.sqrt(v_c**2 + v_n**2) # Velocidad tangencial en km/s

    return v_t

def modelo_V2(masa_entorno, masa_estrella, radio, v_max=225):
    """
    Modelo de Einstein para calcular la velocidad tangencial en el plano de la
↳ galaxia.
    Incluye la propagación no instantánea de la fuerza gravitacional.

    Argumentos:
    - masa_entorno: masa total del entorno en unidades solares.
    - masa_estrella: masa de la estrella en unidades solares.
    - radio: radio de la órbita en kpc.
    - v_max: velocidad máxima de la galaxia (200-250) en km/s.
    Parametros:
    - c: velocidad de la luz en km/s.
    - beta: parámetro de ajuste para la propagación no instantánea de la fuerza
↳ gravitacional.

    Retorna:
    - Velocidad tangencial en km/s.
    """
    G = 4.3e-6 # Constante gravitacional en unidades kpc^3/(M_sol*Gyr^2)
    masa_total = masa_entorno + masa_estrella
    c = 299792458/1000 # C en Km/seg
    v_c = np.sqrt(G * masa_total / radio) # Velocidad circular en km/s
    v_n = v_max * np.sqrt(masa_entorno / masa_total) # Velocidad de
↳ Navarro-Frenk-White en km/s
    beta = 0.5 # Parámetro de ajuste para la propagación no instantánea de la
↳ fuerza gravitacional
    v_t = np.sqrt(v_c**2 + ((c**2 * v_n**2) / (v_n**2 + (beta * c**2))) * (1 -
↳ np.exp(-beta * radio))) # Velocidad tangencial en km/s

    return v_t

# Atribución del matiz sobre la propagación no instantánea de la fuerza
↳ gravitacional a Víctor Estrada Díaz
# a partir de la sugerencia de Victor Estrada Diaz

sql_gaia(10000000)

```

```

# Crear dataframe vacío con columnas originales y nuevas
#id,ra,dec,parallax,x,y,z,radio,distancia,vt,masa,vv
df = pd.DataFrame(columns=[\
    'id', 'ra', 'dec', 'parallax', \
    'x', 'y', 'z', 'radio', \
    'distancia', 'vt', 'masa', 'vv', \
    'masa_entorno', \
    'b', 'v_n', 'v_1', 'v_2'])
# Revisar el dataframe creado
print(df.head())

# unidades de distancia en Kpc
# unidades de masa en M(0) masas solares
# unidades de velocidad en Km/seg
# Identificacion y distancias respecto al Sol:
#     'id', 'ra', 'dec', 'parallax'
# distancias respecto al centro galactico:
#     'x', 'y', 'z', 'radio'
# distancia al sol
#     'distancia'
# velocidad tangencial determinada de la observación
#     'vt',
# velocidad radial dada por GAIA
#     'vv'
# ESTOS SON VALORES SIGUEN SE CALCULARAN AHORA
# SON VALORES EXCLUIVAMENTE TEORICOS
# PARA CONTRASTAR CON LA VELOCIDAD DEDUCIDA
# DE LOS DATOS DE GAIA (vt)
# Masa en el entorno de la estrella
#     'masa_entorno'
# Prametro (b) para las ecuaciones de campo de Einstein
#     'b'
# MODELO VN velocidad tangencial según Newton
#     'v_n'
# MODELO V1 velocidad tangencial según Einstein
# Este modelo no tiene en cuenta la velocidad finita
# de la propagación de la fuerza, toda deformación
# del espacio se propaga a velocidad C
# en el caso de las distancias en la galaxia esta
# propagación no es algo a trivializar, este modelo V1
# no contempla esta velocidad C de propagación
#     'v_1'
# MODELO V2 velocidad tangencial corregida de Einstein
# donde si se tiene en cuenta la velocidad de propagacion
# de la deformacion del espacio
#     'v_2'

```

```

# Crear un DataFrame vacío con las columnas necesarias
df = pd.read_csv('estrellas.csv', usecols=range(12))
df['masa_entorno'] = 0
df['b'] = 0
df['v_n'] = 0
df['v_1'] = 0
df['v_2'] = 0

# Aqui ya leimos el csv y tenemos inicializado el trabajo

print(df.size)

masa_maxima = 1000
# Calcular la masa total de la muestra
df.loc[df['masa'] > masa_maxima, 'masa'] = np.nan
df = df.dropna(how="any", subset=["masa"])

masa_total = df['masa'].sum() * 10 #suma de la muestra
masa_via_lactea = 1.5 * 10**12 # masa de la Vía Láctea en masas solares
print("La masa de la Vía Láctea es aproximadamente:", masa_via_lactea, "masas_
↳solares")
#masa_total=masa_via_lactea

print(f"masa total:{masa_total:.0f} soles, muestras iniciales:{len(df) +
↳len(df[df['masa']>masa_maxima])} validas:{len(df)}")

# Paso 1: Calcular la masa del entorno para cada estrella
df['masa_entorno'] = masa_total - df['masa']

# Aqui ya leimos el csv y tenemos inicializado el trabajo

print (df.size)

from scipy.stats import multivariate_normal
import numpy as np

# Obtener las medias y las desviaciones estándar de las distribuciones de masa y
↳distancia
mu_masa, sigma_masa = df['masa'].mean(), df['masa'].std()
mu_distancia, sigma_distancia = df['radio'].mean(), df['radio'].std()

# Definir la función de densidad de probabilidad normal multidimensional
def multivariate_distribucion(x, y):

```

```

rv = multivariate_normal([mu_masa, mu_distancia],
                          [[sigma_masa**2, 0], [0, sigma_distancia**2]])
return rv.pdf([x, y])

# Aplicar la función a cada par de valores de masa y distancia para obtener el
↪array b
df['b'] = np.vectorize(multivariate_distribucion)(df['masa'], df['radio'])

i=0
for index, row in df.iterrows():

    masa=row.loc['masa']
    radio=row.loc['radio']
    masa_entorno=row.loc['masa_entorno']

    v_n = modelo_VN(masa_total,masa,radio,masa_entorno)
    df.at[index, 'v_n'] = v_n

    v_1 = modelo_V1(masa_entorno,masa,radio)
    df.at[index, 'v_1'] = v_1

    v_2 = modelo_V2(masa_entorno,masa,radio)
    df.at[index, 'v_2'] = v_2

#     i= i+1
#     if (i<10):
#         print (f"{index}  [{row.loc['b']:1f},{v_n:1f},{v_1:1f},{v_2:1f}]")

# Guardar el DataFrame resultante en un archivo csv
df.to_csv('estrellas_result.csv',header=True)

#####REPRESENTACION#####
# limitar df0 a las estrellas dentro del halo de la galaxia
# Definir el rango_halo como un porcentaje de max_radio
max_radio = 31
rango_halo = max_radio
nucleo=0.5
print(f"Muestras iniciales {df.size}")
df = df.loc[df['radio']< rango_halo]
df = df.loc[df['radio']> nucleo]
print(f"Muestras seleccionadas {df.size}")
dd=df
dd_total = dd.size

```

```

dd = dd.loc [dd['radio']> 1.0]

import matplotlib.pyplot as plt
import os

os.remove('figura1.png')
os.remove('figura2.png')
os.remove('figura3.png')
os.remove('figura4.png')

# Gráfica 1
fig1, ax1 = plt.subplots(figsize=(6, 4))
ax1.scatter(df['radio'], df['vt'], s=1, c='green')
ax1.set_xlabel('Radio (pc)')
ax1.set_ylabel('FIG 1: Velocidad TANGENCIAL MEDIDA GAIA (km/s)')
ax1.scatter(d0, v0, c='red', marker='o', s=20)
fig1.savefig('figura1.png')
plt.close(fig1)

# Gráfica 2
fig2, ax2 = plt.subplots(figsize=(6, 4))
ax2.scatter(dd['radio'], dd['v_n'], s=1, c='orange')
ax2.set_ylabel('FIG 2: Velocidad TANGENCIAL SEGUN NEWTON (km/s)')
ax2.scatter(d0, v0, c='red', marker='o', s=20)
fig2.savefig('figura2.png')
plt.close(fig2)

# Gráfica 3
fig3, ax3 = plt.subplots(figsize=(6, 4))
ax3.scatter(dd['radio'], dd['v_1'], s=1, c='blue')
ax3.scatter(dd['radio'], dd['v_2'], s=1, c='green')
ax3.set_ylabel('FIG 3: Velocidad (azul) Modelo Einstein, (verde) Modelo VED(km/
→s)')
ax3.scatter(d0, v0, c='red', marker='o', s=20)
fig3.savefig('figura3.png')
plt.close(fig3)

# Gráfica 4
fig4, ax4 = plt.subplots(figsize=(6, 4))
ax4.scatter(dd['radio'], dd['b'], s=1, c='green')
ax4.set_ylabel('FIG 4: Distribución de la muestra')
ax4.scatter(d0, 0, c='red', marker='o', s=20)
fig4.savefig('figura4.png')
plt.close(fig4)

from PIL import Image

```

```

import matplotlib.pyplot as plt

# Cargar las imágenes individuales
img1 = Image.open('figura1.png')
img2 = Image.open('figura2.png')
img3 = Image.open('figura3.png')
img4 = Image.open('figura4.png')

# Crear un cuadro para combinar las imágenes
cuadro = Image.new('RGB', (800, 600))

# Añadir las imágenes al cuadro
# Obtener el tamaño de cada imagen
width, height = img1.size

# Crear un cuadro grande para combinar las imágenes
cuadro = Image.new('RGB', (2 * width, 2 * height))

# Obtener el tamaño de cada imagen
width, height = img1.size
# Añadir las imágenes al cuadro
cuadro.paste(img1, (0, 0))
cuadro.paste(img2, (width, 0))
cuadro.paste(img3, (0, height))
cuadro.paste(img4, (width, height))

# Guardar el cuadro como una imagen
cuadro.save('cuadro.png')

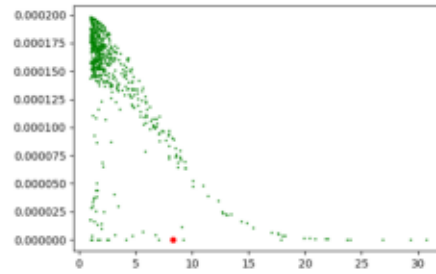
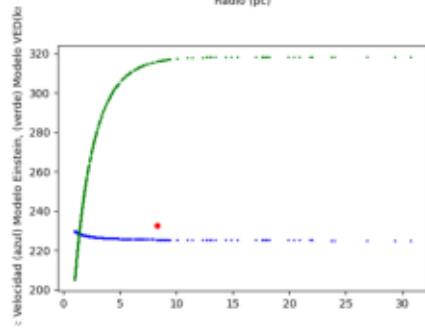
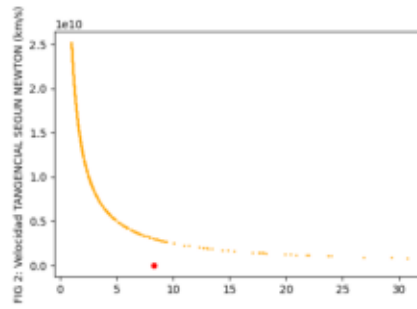
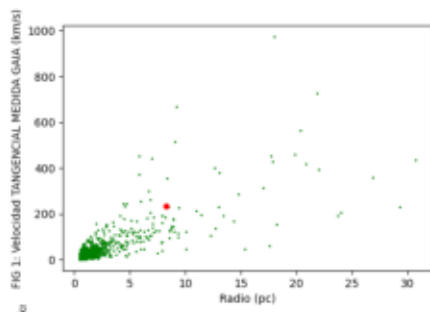
# Mostrar el cuadro
plt.imshow(cuadro)
plt.axis('off')
plt.show()

print('FIN')

```

El Sol esta a 8.30 kpc del centro de la galasia
y viaja a 232.51 Km/seg tangencial mente
datos_gaia.csv existe no necesaria consulta a Gaia
Empty DataFrame
Columns: [id, ra, dec, parallax, x, y, z, radio, distancia, vt, masa, vv,
masa_entorno, b, v_n, v_1, v_2]
Index: []
14433629
La masa de la Vía Láctea es aproximadamente: 1500000000000.0 masas solares
masa total:528877306 soles, muestras iniciales:468426 validas:468426
7963242
Muestras iniciales 7963242

Muestras seleccionadas 19924



FIN

[]:

[]:

[]: