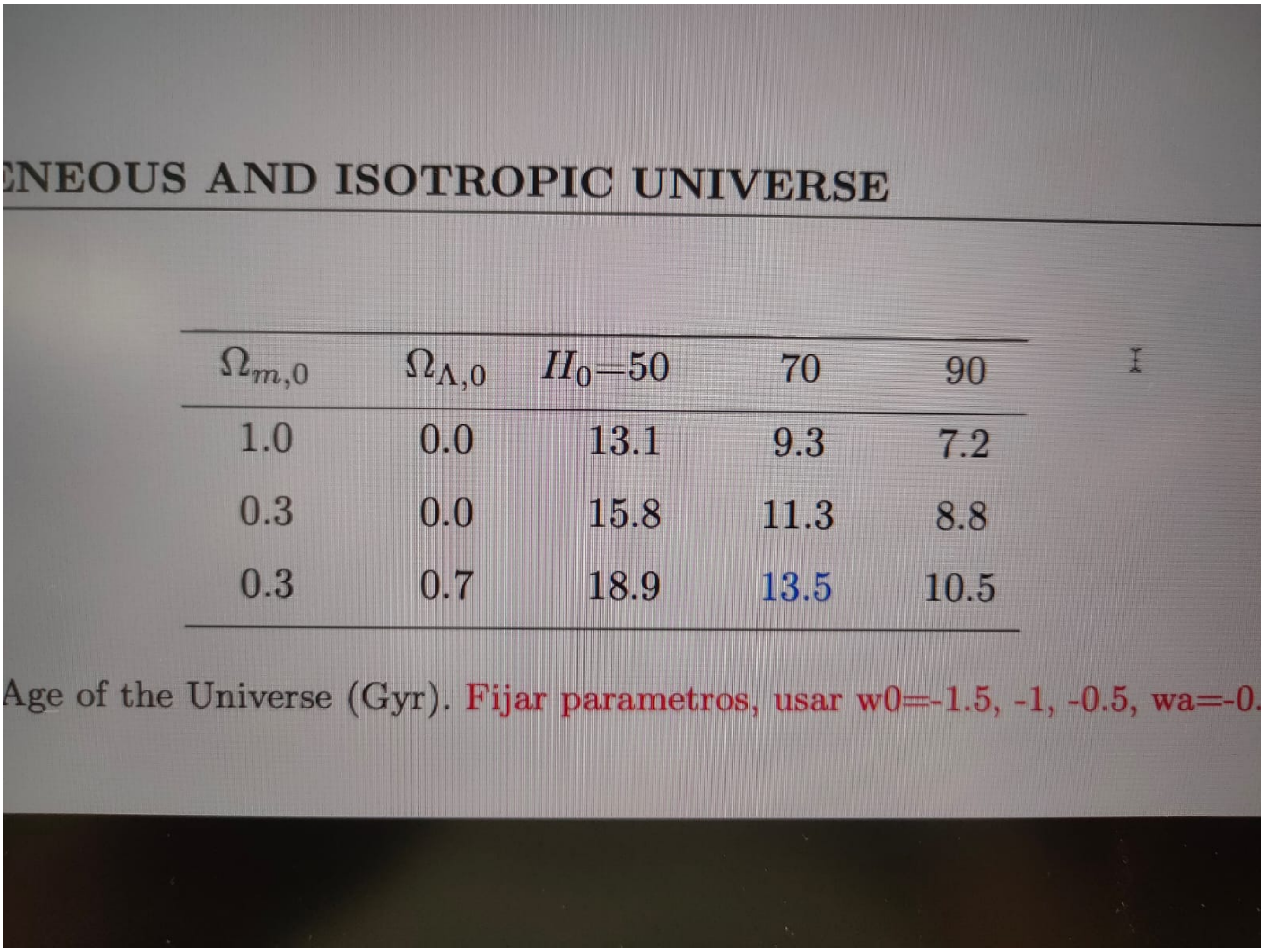
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import quad
```



ENEOUS AND ISOTROPIC UNIVERSE

$\Omega_{m,0}$	$\Omega_{\Lambda,0}$	H_0=50	70	90
1.0	0.0	13.1	9.3	7.2
0.3	0.0	15.8	11.3	8.8
0.3	0.7	18.9	13.5	10.5

Age of the Universe (Gyr). Fijar parametros, usar w0=-1.5, -1, -0.5, wa=-0.

$$t_0 = \frac{1}{H_0}\int_{1/1+z}^{1} \frac{x}{\sqrt{\Omega_{r,0} + \Omega_{m,0}x + \Omega_{k,0}x^2 + \Omega_{\Lambda,0}x^4}}dx$$

```
#Vamos a definir las tres distancias para después evaluarlas y graficarlas
Om0=0.3
Ol0=0.7
H0=69.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
c=300000.0
def H(x):
  return x*np.sqrt(Om0*x + Or0 + Ok0*x**2 + Ol0*x**4)**-0.5

#Tiempo
def tiempo(z):
  return 1/H0 * quad(H, 1/(1+z), 1)[0]
```

```
#primer caso
Om0=0.3
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=50.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día

#La edad del universo será pues cuando hagamos tender z------->infinito
```

```
#La edad del universo en Gyr par alos parámetros dados es:
tiempo(100000000)*979.6825
```

    12.662960555921998

```
#Segundo caso
Om0=0.1
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=70.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo(100000000)*979.6825
```

```
9.04497182565857
```

```
#Tercer caso
Om0=0.3
Ol0=0.7
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=90.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo(100000000)*979.6825
```

```
7.357493237876187
```

CPL

$$t = \frac{1}{H_0}\int_0^{a_0} \frac{x}{\sqrt{\Omega_{k,0}x^2 + \Omega_{m,0}x + \Omega_{r,0} + \Omega_{\Lambda,0}e^{-3w_a(1-x)}x^{-3(w_0+w_a)+1}}}dx$$

```
def H(x):
  factor = x**(-3*(w_0 + w_a) + 1)*np.exp(-3*w_a*(1 - x))
  return x*np.sqrt(Om0*x + Or0 + Ok0*x**2 + Ol0*factor)**-0.5

#tiempo
def tiempo():
  return 1/H0 * quad(H, 0, 1)[0]
```

```
#primer caso
Om0=0.3
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=50.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
w_0 = -1.5
w_a = 0.5
tiempo()*979.6825
```

```
12.170535082116032
```

```
#Segundo caso
Om0=0.1
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=70.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo()*979.6825
```

```
9.044971825658582
```

```
#Tercer caso
Om0=0.3
Ol0=0.7
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=90.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo()*979.6825
```

```
7.55381066576344
```

3 Ahora el modelo:

$$t = \frac{1}{H_0}\int_0^{a_0} \frac{x}{\sqrt{\Omega_{r,0} + \Omega_{m,0}x + (\Omega_{k,0} + \Omega_{1,0})x^2 + \Omega_{2,0}x^3 + (1 - \Omega_{m,0} - \Omega_{r,0} - \Omega_{k,0} - \Omega_{1,0} - \Omega_{2,0})x^4}}dx$$

```
def H(x):
  return x/(H0*np.sqrt(Om0*x + (Ok0 + Om1)*x**2 + Om2*x**3 +  (1 - Om0 - Om0 - Om1 -Om2)*x**4))
#tiempo
def tiempo():
  return 1/H0 * quad(H, 0, 1)[0]
```

```
Om0=0.3
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=50.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
Om1 = -0.2
Om2 = 0.2
tiempo()*97900.6825
```

```
30.59394343717891
```

```
#Segundo caso
Om0=0.1
Ol0=0.0
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=70.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo()*97900.6825
```

```
16.636377833071116
```

```
#Tercer caso
Om0=0.3
Ol0=0.7
Or0=0.00005
Ok0= 1 - (Om0+Ol0+Or0)
H0=90.0 #suponemos este valor para el param de Hubble hoy en día
tiempo()*97900.6825
```

```
13.22385372243851
```

✓ 0 s completado a las 19:24