

Title: Determinación de distancias mediante redshift

Abstract

El potencial de las fuerzas de inercia es el efecto predominante para determinar el redshift de fotones extragalácticos. Dicho efecto determina, de manera precisa, la distancia al objeto si se conoce su velocidad radial.

Autor: Enrique Domínguez Pinos. © Todos los derechos reservados.
Ingeniero Industrial.

Email: enrique_pinos@yahoo.es

Málaga, 30 de Enero de 2025

Table of Contents

Introducción.....	1
Modelización del efecto.....	1
Datos de prueba.....	3
Referencias.....	5

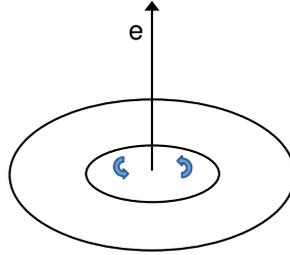
Introducción

El ‘principio de equivalencia’ de Einstein establece la equivalencia entre una aceleración y un potencial gravitatorio. Es la base para explicar los experimentos denominados de ‘rotor mossbauer’. En estos experimentos se dispone un disco plano con la capacidad de rotar sobre su eje a gran velocidad, y se sitúa en el eje un receptor y en la periferia del disco un emisor. El receptor usa el efecto mossbauer para detectar los fotones que envía el emisor; cuya frecuencia está controlada estrechamente. El sistema dispuesto como se ha indicado, puede medir el redshift entre emisor y receptor, provocado por las fuerzas de inercia en el disco giratorio. Como el receptor sólo puede detectar una frecuencia específica, se recurre a imprimirle cierta velocidad; de modo que, mediante el efecto doppler relativista, se compense el redshift de las fuerzas de inercia con un blueshift. Se señala este hecho para dejar bien claro que son efectos distintos, que hay que considerar independientemente.

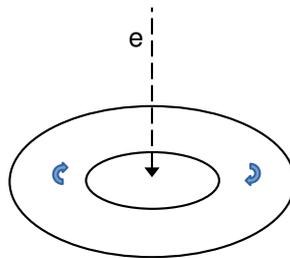
El principio del rotor mossbauer se aplica del mismo modo a la vía láctea; el disco es la propia galaxia, el receptor son nuestros instrumentos, y el emisor los objetos extragalácticos. Por no complicar la explicación vamos a tratar los objetos extragalácticos como puntuales (para no considerar su rotación).

Modelización del efecto

Como se observa en la figura, consideramos que la galaxia (disco interior) rota sobre su eje ‘e’ respecto al resto del universo (disco exterior), dicho eje pasa por el centro galáctico (origen de referencia de distancias)



Cumpliendo con el principio de relatividad, es irrelevante si consideramos que la galaxia está estática y es el resto del universo el que rota entorno a nuestra galaxia o al revés. Considerarlo de esta manera explica la razón de que predominantemente veamos un redshift del resto de objetos del universo. En este escenario, no importa que no estemos situados en el eje de rotación; al considerar que no rotamos, el potencial de las fuerzas de inercia es nulo de nuestro lado. Señalar que lo que interesa para determinar correctamente el efecto, es el eje de rotación del sol (no el de la galaxia) a la velocidad de rotación del sol (no de la galaxia). Aunque lo vamos a ilustrar suponiendo que ambas velocidades coinciden.



En estas condiciones, el potencial de las fuerzas de inercia es^[4],

$$U = -\frac{w^2 r^2}{2},$$

donde 'w' es la velocidad de rotación en km/(s·kpc) y vale aproximadamente 31.48. 'r' es la distancia (mínima) al eje de rotación y 'c' la velocidad de la luz.

Y el redshift se calcula como,

$$z = \exp\left(\frac{\Delta U}{c^2}\right) - 1,$$

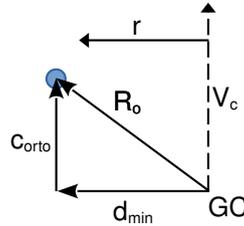
dando,

$$z = \exp\left(\frac{1}{2}\left(\frac{wr}{c}\right)^2\right) - 1,$$

La intención inicial del cálculo del redshift proviene de comprobar si en la propia expresión del redshift aparece o no la exponencial. Esto únicamente puede probarse en un test cosmológico. Ver la referencia [1] para la deducción de la expresión del redshift. En el caso de que la exponencial no formara parte de la ecuación tendríamos,

$$z = \frac{1}{2} \left(\frac{wr}{c} \right)^2.$$

Para calcular 'r' recurrimos al vector característico del plano de la galaxia; y construimos un triángulo rectángulo con la proyección del vector de posición el objeto a estudiar sobre el vector característico unitario (eso nos da un cateto) y el vector de posición del objeto a estudiar nos da la hipotenusa. El cateto restante es la distancia mínima.



GC: representa al centro galáctico, desde donde se calcula la posición al objeto de estudio.

En ecuaciones, si ' \vec{V}_c ' es el vector característico del plano, y ' \vec{R}_o ' el vector de posición del objeto a estudiar; proyectamos el vector de posición sobre el característico unitario ' \hat{V}_{cu} ', eso nos da un cateto ' C_{orto} ',

$$\hat{V}_{cu} = \frac{\vec{V}_c}{\|\vec{V}_c\|},$$

$$C_{orto} = \hat{V}_{cu} \cdot \vec{R}_o.$$

La hipotenusa es el módulo del vector ' \vec{R}_o ', por lo que la distancia mínima es,

$$d_{min} = \sqrt{\vec{R}_o \cdot \vec{R}_o - (\hat{V}_{cu} \cdot \vec{R}_o)^2}.$$

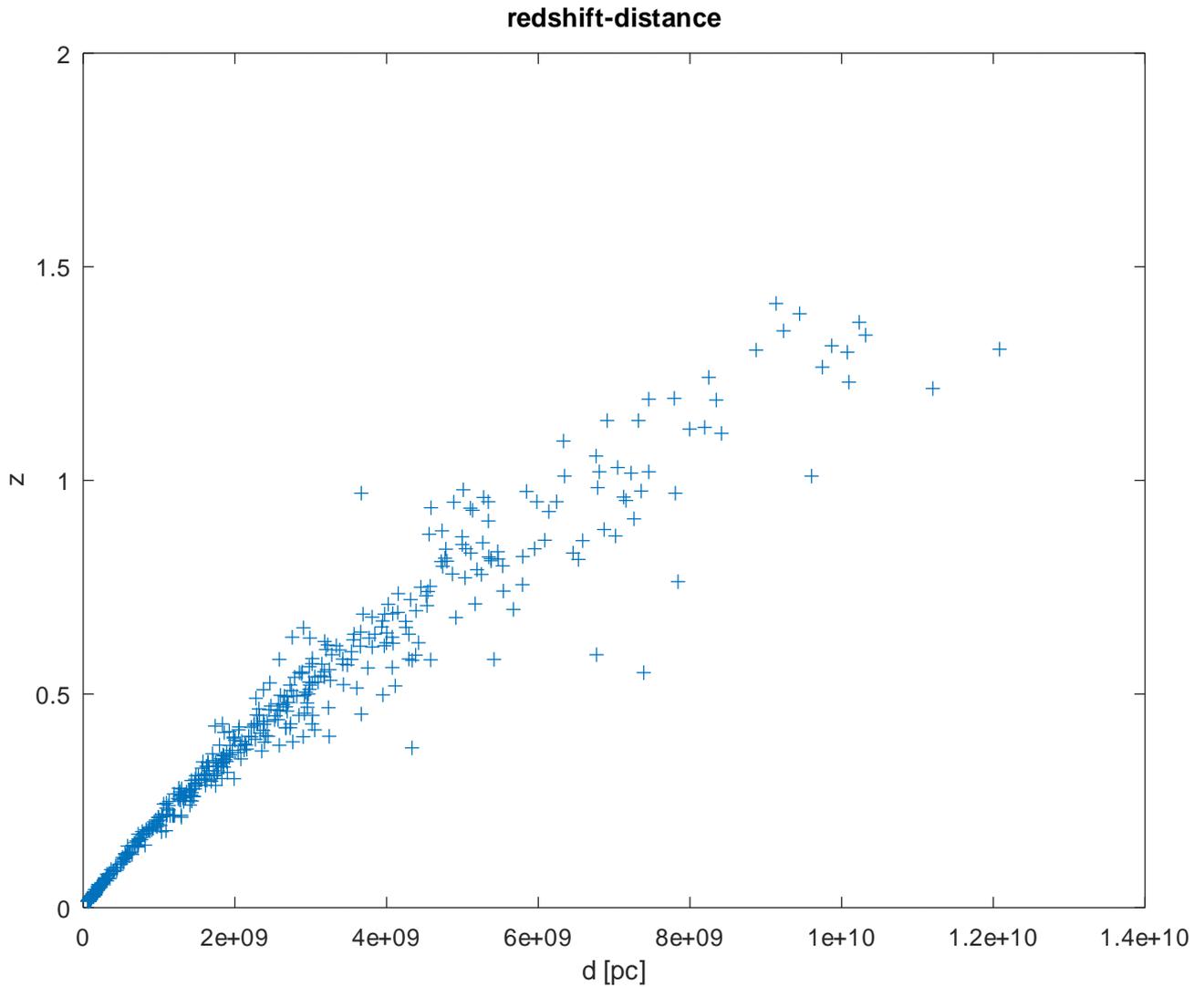
Esta distancia mínima es el valor de 'r' buscado.

Datos de prueba

El efecto se identificó durante la realización del cálculo de la masa de los neutrinos en el evento SN1987A^[2], cuando se empleaban potenciales máxicos para evaluar el redshift (entre la vía láctea y la gran nube de magallanes) y se comprobó que el valor que arrojaba era varios órdenes de magnitud inferior al redshift observado.

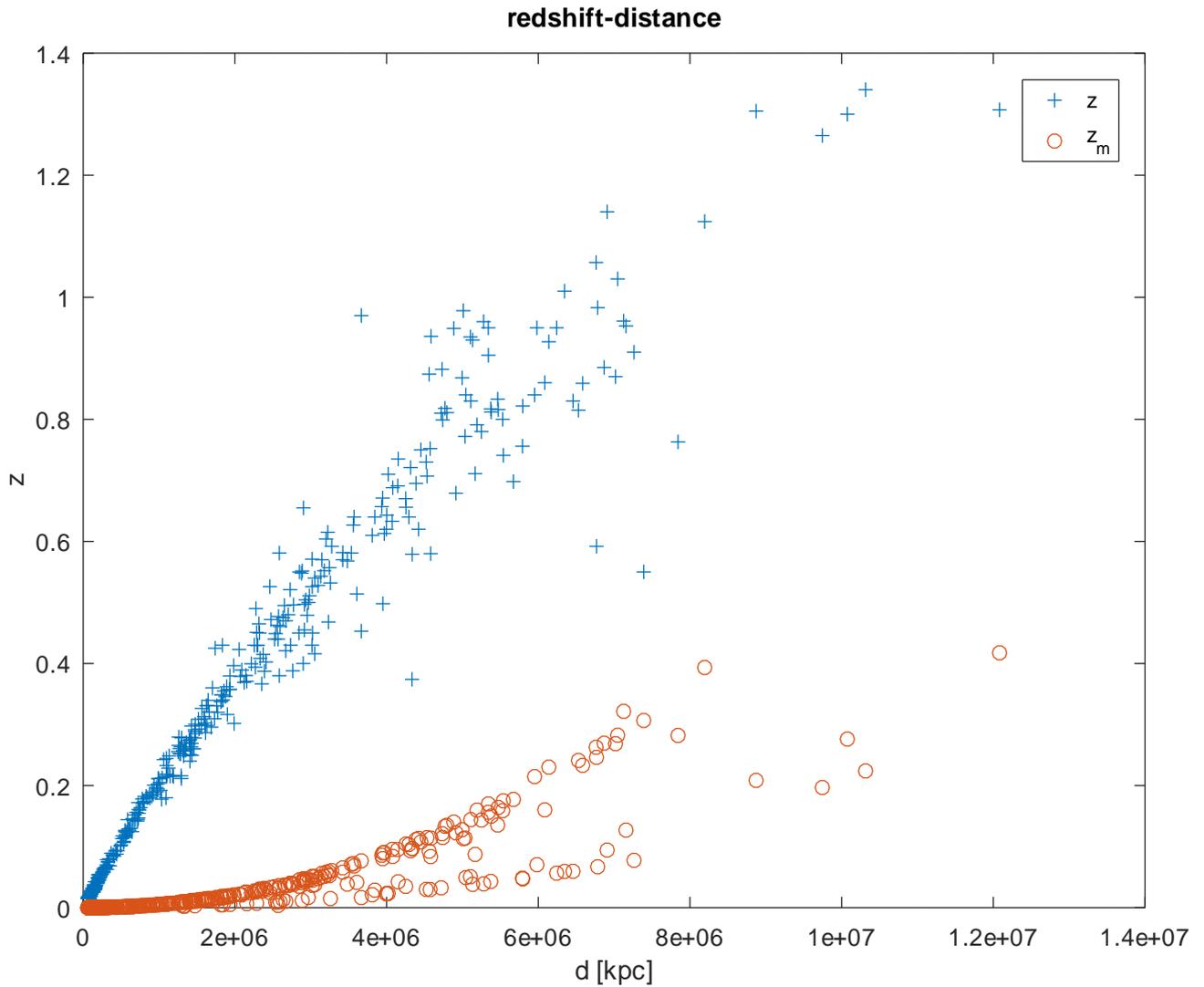
Posteriormente se han puesto a prueba los datos del proyecto 'Supernova Cosmology Project'^[3], del que se ha podido comprobar que las distancias están sobre estimadas del orden de 1000 veces. Para poder realizar los cálculos es preciso determinar la posición de cada supernova (el listado sólo suministra z y distancia de 580 estrellas), esto se ha hecho cargando el listado de supernovas en 'Gaia Archive'; para pedir sus datos astrométricos (después de eliminar las supernovas desconocidas a Gaia, quedando 471), el 'resolver' genera las coordenadas (RA, DEC) sin necesidad de hacer la consulta a la tabla 'gaia_source', pero hay que descargarlas a mano (copy & paste) porque no funciona el formulario de descarga de datos.

Los resultados quedan,



Que a gran distancia no parecen distribuidos sobre una línea recta; salvo que se tome el logaritmo del redshift (¿qué utilidad podría tener hacer eso?)

Para apreciar el orden de magnitud del potencial de las fuerzas de inercia, vamos a escalar la distancia hasta que el efecto aporte valores donde podamos comparar los gráficos; haciendo esto obtenemos el siguiente; donde, como poco, el efecto del potencial va a modificar el valor de la constante de Hubble. Como se ha comentado, el factor de escala que se ha usado es 1000. Nótese que también se ha expresado la distancia en kpc.



Referencias

- [1] Experimentos de GR resueltos con relatividad especial de campos. <https://vixra.org/abs/2404.0013v3>
- [2] SN1987A y la masa de los neutrinos. <https://vixra.org/abs/2501.0008>
- [3] Supernova Cosmology Project. <https://supernova.lbl.gov/union>. Compilación 'union2.1'.
- [4] Análisis del experimento del rotor mossbauer. <https://vixra.org/abs/2404.0118>