

creatividad y bondad de su espíritu, una de estas formas para nosotras es: la gastronomía, aunque suena un poco ilógico desde nuestro punto de vista, para el hombre boyacense la mejor forma de darse a conocer es mediante su gastronomía. Hoy en día los elementos o utensilios que nuestros abuelos utilizaban ya no son igual de populares, sin embargo en algunas casas sobreviven y son un símbolo de nuestra cultura culinaria y de nuestro ser boyacense. Nuestro proyecto busca planificar una ruta gastronómica boyacense buscando rescatar costumbres, raíces, el alma y el espíritu boyacense a través de su gastronomía, para que de esta manera se le de el valor que merece la comida de nuestra región y se puedan generar propuestas que motiven a "ENSEÑAR A LAS NUEVAS GENERACIONES NUESTRA AUTENTICA CULTURA"

BIBLIOGRAFÍA

- Gastronomía típica en la comunidad Boyacense "Estudio bromatológico de las provincias Tundama, Valderrama norte y Gutiérrez"-1992. Autor: Gladis Abril Cely, Zoraida Herrera Díaz.
- Bromatología en la comunidad boyacense "estudio socio-cultural de la cocina provincias Centro y Sugamuxi"-1992. Autor: Aura Cecilia Acevedo, Maria del Pilar Mariño
- Gastronomía típica en el departamento de Boyacá Estudio bromatológico de las provincias "Márquez, Oriente Neira y Lengupa"-1992. Autor: Vilma Yaneth Tellaza, Nubia Cecilia Bonilla
- Gastronomía típica en el departamento de Boyacá "Estudio bromatológico de las provincias de occidente y Ricaurte"-1994. Autor: Gilberto Fonseca becerra, Pedronel Vásquez Sánchez

CORRIMIENTO HACIA EL ROJO

Eulises Alejandro Fonseca Parra
Grupo de Astrofísica y Cosmología.

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un resumen acerca de efecto Doppler aplicado a ondas electromagnéticas, mejor conocido como corrimiento hacia el rojo. Primero se da una visión acerca de los diferentes tipos de espectro, luego se hace una revisión de las diferentes formas de medir el parámetro z ; se muestran cuatro mecanismos de corrimiento al rojo y se finaliza con algunas aplicaciones.

Palabras clave: Ondas, Relatividad, Astrofísica, Cosmología.

1.CORRIMIENTO AL ROJO

En astrofísica, el corrimiento al rojo, corrimiento hacia el rojo o desplazamiento

hacia el rojo, ocurre cuando una onda electromagnética (normalmente la luz visible), que es emitida desde un objeto, es desplazada hacia el rojo al final del espectro electromagnético. Cabe destacar que este desplazamiento es un incremento aparente en la longitud de onda.

2. ESPECTROSCOPIA

Es la parte de la física que estudia los espectros; se basa en que cada elemento tiene un único espectro, el cual podría ser visto como la huella dactilar del elemento, ya que no existen dos elementos distintos con el mismo espectro.

Existen tres tipos de espectros: Espectro Continuo: Se obtiene haciendo pasar un haz de luz blanca a través de un prisma. Espectro de emisión: Se obtiene al calentar un gas a altas temperaturas, los picos en este representan transiciones entre estados de energía. Espectro de absorción: Se obtiene al hacer pasar un haz de luz blanca a través de un gas frío, las discontinuidades en el espectro representan frecuencias de fotones absorbidos por el gas para realizar transiciones entre estados de energía.

El corrimiento al rojo se refiere al desplazamiento de todas las líneas de emisión de cualquier elemento hacia una frecuencia inferior (longitud de onda superior).

3. MEDIDA

El corrimiento al rojo se mide teniendo los valores de frecuencia emitida y percibida, o longitud de onda emitida y percibida, como se ve en (2).

$$z = \frac{v_{em} - v_{obs}}{v_{obs}} \quad (2.a)$$

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}} \quad (2.b)$$

Z es un parámetro adimensional, el cual puede adquirir valor positivo o negativo. Si es positivo, quiere decir que hay aumento en la longitud de onda, es decir corrimiento al rojo; si es negativo, hay disminución en la longitud de onda, luego es un corrimiento al azul.

4. MECANISMOS

Los siguientes mecanismos describen el desplazamiento al rojo experimentado por un fotón desplazándose en el vacío. Estos son independientes de los valores de frecuencia y longitud de onda y pueden ser descritos mediante transformaciones entre sistemas de referencia.

-Corrimiento Doppler

Descrito mediante transformaciones Galileanas, utiliza la métrica euclidiana.

Viene dado por (3).

$$z = \frac{V}{c} \quad (4)$$

Dónde V es la velocidad de la fuente respecto al observador y c es la velocidad de la luz en el vacío. Es válido para velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Este surge debido a que la fuente se encuentra en movimiento relativo respecto al observador.

-Doppler Relativista

Descrito Mediante las transformaciones Lorentz - Einstein, utiliza la métrica de Minkowski. Viene dado por (4), dónde θ es el ángulo que forma el vector velocidad con la línea de visión del observador.

$$z = \left(\frac{1 + \frac{V}{c} \cos \theta}{1 - \frac{V}{c} \cos \theta} \right)^{1/2} - 1 \quad (4)$$

Una particularidad de este tipo de mecanismo es que aunque no exista contribución alguna en la velocidad radial, ($\theta = \pi/2$), puede haber corrimiento al rojo, este se denomina corrimiento Doppler transversal y se debe enteramente al efecto de la dilatación del tiempo dada por la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein.

Este también surge debido al movimiento relativo fuente - observador, pero esta vez incluye efectos relativistas, es decir, explica el corrimiento al rojo cuando las velocidades son comparables con la velocidad de la luz.

-Corrimiento Al Rojo Cosmológico

Descrito mediante las transformaciones relativistas, utiliza la métrica Friedmann - Lemaitre - Robertson - Walter (5). Viene dado por (6), dónde R (t) es el factor de expansión del espacio - tiempo, en el tiempo t y k es la curvatura del espacio - tiempo.

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2(t) \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{(1 - kr^2/4)^2} \quad (5)$$

$$z = \frac{1}{R(t)} - 1 \quad (6)$$

En este caso, el corrimiento se da debido a la expansión del espacio - tiempo, ya

que el espacio aumenta sus dimensiones con el tiempo, luego la longitud de onda se extiende, es decir hay desplazamiento al rojo.

-Corrimiento Al Rojo Gravitacional

Descrito mediante transformaciones relativistas, utiliza la métrica de Schwarzschild (7) en coordenadas esféricas. Viene dado por (8), donde G es la constante gravitacional, M es la masa del objeto y r la distancia al objeto masivo.

$$g = -c^2 \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} \right) dt \otimes dt + \left(1 - \frac{2GM}{c^2 r} \right)^{-1} dr \otimes dr + r^2 (d\theta \otimes d\theta + \text{sen}^2\theta d\phi \otimes d\phi) \tag{7}$$

$$z = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{2GM}{rc^2} \right)}} - 1 \tag{8}$$

$$r_{Sc} = \frac{2GM}{c^2} \tag{9}$$

El fenómeno solo se puede explicar con la ayuda de la Teoría de la Relatividad General de Einstein: Un objeto masivo curva el espacio a su alrededor, un fotón pasa a cercanías de este y además de ser desviado, sufre un "alargamiento" debido a la transición de un espacio plano a uno curvo. Se dice que un fotón dentro del radio de Schwarzschild (9), sufrirá un corrimiento al rojo infinito, es decir que la longitud de onda se extiende hasta el infinito y ninguna información sale de ese espacio.

5. APLICACIONES

El corrimiento al rojo es usado en gran parte para mediciones de distancia y velocidad.

En astronomía existen dos aplicaciones muy importantes:

5.1 Curvas De Rotación En Galaxias

Una curva de rotación de una galaxia es un gráfico de velocidad tangencial contra radio. Por lo general en una galaxia se pueden diferenciar dos mecanismos de corrimiento al rojo: Cosmológico, que se ve en un desplazamiento de las líneas de emisión encontradas en estudios fotométricos.

El otro mecanismo es el clásico corrimiento Doppler debido a la rotación de la galaxia, se ve en un ensanchamiento de las líneas de emisión, hacia el azul debido a la rotación en dirección hacia la línea de visión del observador y hacia el rojo debido a la rotación contraria. Midiendo este corrimiento se determina la velocidad promedio del material en cada radio, y se construye la curva de rotación.

Actualmente existe la controversia acerca de si la Vía Láctea es o no una galaxia espiral barrada, debido a que hay evidencia de movimientos radiales en sentido positivo y negativo en dirección al centro de esta.

5.2 Ley De Hubble

A inicios del siglo XX el astrónomo Edwin Hubble descubrió que existe una relación proporcional entre el corrimiento al rojo y la distancia a objetos espaciales, tal relación la denominó "Ley de Hubble", la cual viene dada por (10), donde v es la velocidad de el objeto, la cual es a su vez proporcional al corrimiento al rojo, $H(t)$ es la constante de Hubble, la cual depende del tiempo, y r que es la distancia al objeto. El mecanismo que produce tal corrimiento al rojo es el cosmológico.

$$v = H(t)r \quad (10)$$

Luego, se mide el corrimiento al rojo (2), se obtiene la "velocidad de recesión" (3) ó (4) y finalmente se obtiene la distancia del objeto.

6. CONCLUSIONES

Cualquier tipo de onda electromagnética, al estar su fuente en movimiento relativo con respecto al observador sufre de un corrimiento aparente en su longitud de onda y por ende en su frecuencia.

El desarrollo del conocimiento del universo le debe mucho a este descubrimiento, ya que antes de conocerse, ciencias como la cosmología eran simplemente mitos y teorías sin un fundamento físico fiable.

La ley de Hubble y en general el efecto doppler, aunque en distinta forma son muy buenas herramientas en la medición de distancias, desde una escala milimétrica, hasta escalas cosmológicas.

REFERENCIAS

- Binney, J., & Tremaine, S. 1987, Galactic Dynamics (Princeton : Princeton Univ.Press).
- Combes, F, et al. 2004, Galaxies and Cosmology, Saddle.
- Elmegreen, D. M. 1998, Galaxies and galactic structure. (Upper Saddle River: Prentice-Hall)
- <http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/light/absorption.html>
- Shu, Frank, 1982 The Physical Universe, Univesity Science Books, Sausalito CA.