

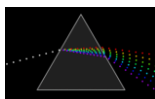
### Espectroscopia Astronómica

Viviana Beltrán B. (257822)

Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá

La luz marca cada elemento con una signature única semejante a una huella digital, un espectro singular de líneas discretas. Con propiedad, podemos señalar que todo lo que hasta ahora conocemos sobre el universo se debe a la descomposición de los rayos de luz, a su espectro. Ahora bien, cuando se trata de trabajos de análisis sobre la estructura de las estrellas quizás sea tanto o más importante que la medición de la intensidad de la radiación, el estudio de la distribución en función de la longitud de onda y su descomposición en componentes monocromáticas. En otras palabras, estudiando el espectro de las estrellas se puede deducir su temperatura superficial, su composición química, su velocidad radial, su densidad, presión y, también, la intensidad de su campo magnético. En síntesis, es uno de los medios más poderosos que se tiene para conocer la estructura de los astros y comprender los fenómenos que en ellos ocurren y que causan la emisión y la absorción, en forma de un continuo o de líneas espectrales. La Espectroscopia es una técnica usada por los astrónomos y los físicos para estudiar las características y composición de un objeto basado en la luz que emite.

*Palabras clave: espectro, espectroscopia, astros...*



#### INTRODUCCIÓN:

La Espectroscopia es una herramienta muy importante en Astronomía y consiste en el estudio detallado de la luz. La luz, en general, está constituida por muchos tipos de longitudes de onda diferentes. La Espectroscopia se puede usar para averiguar muchas propiedades de estrellas y galaxias distantes, tales como su composición química y movimiento, mediante efecto Doppler y otras técnicas. Por muchos años, los astrónomos estuvieron limitados a clasificar a las estrellas del cielo a través de la medición de su brillo aparente. Sin embargo, con el auge de la Espectroscopia, ese campo se amplió considerablemente, y hoy, son capaces de llegar a determinar cuál es la composición, temperatura, movimiento, etc., de una estrella dada, como si ello fuese una huella dactilar estelar. Por ello, podemos definir a la Espectroscopia como el estudio de los espectros de los cuerpos que cohabitan en nuestro entorno cósmico. Su fundamento, se basa en lo anterior dicho sobre que cada elemento químico tiene su propio espectro de emisión y de absorción.

#### PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Anteriormente hemos estudiado que cualquier cosa que produce la luz o irradia energía, ya sea una ampolla o bombilla, o una estrella, está dándonos información sobre sí misma. Esto es posible porque cada elemento químico tiene una huella única, ya sea en emisiones o radiaciones, una específica longitud de onda. Por ejemplo, el sodio, usado en luces de calle, emite sobre todo la luz anaranjada. El oxígeno, usado en las luces de neón, emite luz verde. Ahora bien, en la Espectroscopia astronómica para observar y estudiar los espectros que se captan por las radiaciones que emiten los distintos objetos que cohabitan en el universo se usan instrumentos que, a través de los años, han experimentado una significativa evolución tecnológica. Con sus instrumentos, Bunsen, y Kirchhoff, descubrieron que el espectro producido al pasar la luz del Sol a través de un prisma se podía comparar con los espectros producidos por los productos químicos quemados en los laboratorios y que, con ello, se podía

demostrar cuáles de estos productos estaban presentes en el Sol. Este descubrimiento fue un significativo aporte para la astronomía ya que impulsó el desarrollo de la Espectroscopia, la cual, desde entonces, se ha venido utilizando para estudiar las regiones externas del Sol durante eclipses totales (la única vez que la corona del Sol es visible). Asimismo, también ha sido utilizada para estudiar la composición de las estrellas y otros astros. Ahora, cuando se habla de espectrómetro, se podría decir que ello es una generalidad, ya que el término se aplica a una variedad de instrumentos que funcionan sobre una gama muy amplia de longitudes de onda, desde rayos gamma y rayos X al infrarrojo. En general, se llama espectrómetro a cualquier instrumento en particular cuya función se orienta a mediciones de distintas y variadas líneas, y bandas espectrales; claro está, que cada uno de ellos –dependiendo de su aplicación– está estructurado con alguna técnica distinta. Los espectrómetros son instrumentos que dispersan la luz, de forma que el ángulo de dispersión depende de la longitud de onda, creando lo que se denomina un espectro. Los astrónomos estudian las líneas de emisión y/o absorción que aparecen en estos espectros, y que vienen a ser las "huellas digitales" de los átomos y las moléculas. Una línea de emisión tiene lugar cuando un electrón en un átomo desciende de un nivel de energía alto a uno más bajo, proceso en que el electrón pierde energía en forma de luz. Una línea de absorción tiene lugar cuando el electrón pasa de un nivel de energía inferior a uno superior, proceso en el que electrón absorbe energía. Cada átomo tiene una distribución única de los niveles de energía de sus electrones y puede, por lo tanto, emitir o absorber luz con determinadas longitudes de onda. Es por esto que la localización de las líneas espectrales es única para cada átomo. Los astrónomos pueden aprender muchas cosas sobre los cuerpos celestes mediante el estudio de sus espectros, como su composición, su temperatura, su densidad y su movimiento (velocidad de desplazamiento y velocidad de rotación). Hay tres tipos de espectros que un objeto puede emitir: continuo, de emisión y de absorción. Espectro Continuo

## Espectroscopia Astronómica

El espectro continuo, también llamado térmico o de cuerpo negro, es emitido por cualquier objeto que irradie calor. Cuando su luz es dispersada aparece una banda continua con algo de radiación a todas las longitudes de onda. Por ejemplo, cuando la luz del sol pasa a través de un prisma, su luz se dispersa en los siete colores del arcoíris (donde cada color es una longitud de onda diferente).



Fig. 1. Un espectro continuo en luz visible

### Espectro de Absorción

Si mira con cuidado el espectro del Sol podrá ver unas líneas oscuras. Estas líneas están producidas porque la atmósfera solar absorbe luz a ciertas longitudes de onda, lo que hace que su intensidad disminuya con respecto al resto de las longitudes de onda y por eso las líneas aparecen oscuras. Como la distribución de las líneas espectrales es característica de cada átomo o molécula, el estudio del espectro de absorción nos puede indicar de qué elementos está compuesta la atmósfera del Sol. Normalmente las líneas de absorción tienen lugar cuando la luz de un objeto caliente atraviesa una región más fría. Espectros de absorción se ven en estrellas, planetas con atmósferas y galaxias.



Fig. 2. Imagen detallada del espectro visible del Sol

### Espectro de Emisión

El espectro de emisión tiene lugar cuando los átomos y las moléculas en un gas caliente emiten luz a determinadas longitudes de onda, produciendo por lo tanto líneas brillantes. Al igual que el caso del espectro de absorción, la distribución de estas líneas es única para cada elemento. Espectros de emisión pueden verse en cometas, nebulosas y ciertos tipos de estrellas.



fig. 3. El espectro de emisión del hidrógeno

En la práctica los astrónomos nunca estudian los espectros de la manera en que se presentan en las imágenes de arriba. Lo que estudian son gráficas en que se representan la intensidad, la señal o el flujo frente a la longitud de onda. Estas gráficas muestran cuánta luz está presente o ausente en cada longitud de onda. Un pico en la gráfica indica la posición de una línea de emisión y un valle indica la posición de una línea de absorción. Y como hemos indicado arriba, la localización y la distribución de estas líneas es única para cada elemento.

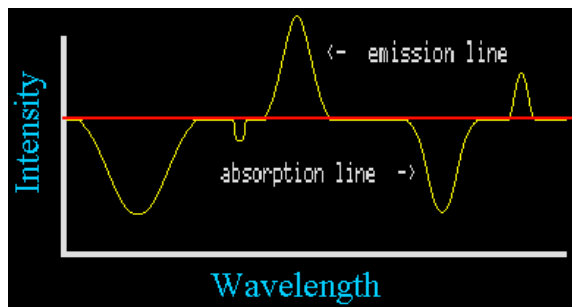


Fig. 4

Variantes..

### Espectroscopia Infrarroja

Es en la parte infrarroja del espectro es donde se encuentran las líneas de emisión y de absorción de la mayoría de las moléculas, así como de numerosos átomos e iones (átomos cargados eléctricamente). La espectroscopia infrarroja es la técnica más empleada en la detección de estos elementos en el espacio.

Los espectrómetros a bordo de misiones espaciales como el Observatorio aéreo Kuiper (KAO), y el Observatorio Espacial Infrarrojo (Infrared Space Observatory; ISO), así como los espectros en el cercano infrarrojo tomados desde observatorios terrestres, han conducido al descubrimiento en el espacio interestelar de cientos de átomos y moléculas.

Debido a que el infrarrojo puede penetrar regiones muy oscurecidas por el polvo, como ocurre en las regiones de formación estelar y en el centro galáctico, la espectroscopia infrarroja proporciona mucha información sobre objetos que normalmente no pueden ser vistos con luz visible.

Como resultado de la Gran Explosión el Universo se está expandiendo. Esto hace que las líneas espectrales de objetos muy distantes, que normalmente aparecen en la parte ultravioleta o visible del espectro, sufran un corrimiento hacia la parte infrarroja del espectro. Es por ello que la espectroscopia infrarroja es una herramienta muy valiosa en el estudio del Universo joven. El corrimiento Doppler de las líneas espectrales permite también detectar y medir la velocidad orbital de planetas alrededor de estrellas y de estrellas en sistemas binarios, así como la velocidad de expansión de las atmósferas estelares, de las explosiones supernova, de los flujos originados en regiones de formación estelar, de los anillos de rotación en las galaxias, de los brazos espirales, de las ondas de choque originadas en galaxias en colisión, etc. Las próximas misiones, como SOFIA (The Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy) y SIRTf (The Space Infrared Telescope Facility), llevarán espectrómetros infrarrojos que permitirán un mayor conocimiento de la química del Universo.

El estudio de la composición de los cometas puede ayudarnos a entender la formación de nuestro Sistema Solar, así como de otros sistemas planetarios. El espectro infrarrojo de un cometa presenta unas líneas superimpuestas sobre un continuo (originado por el polvo). Por debajo de 3 micrómetros, este espectro continuo es el resultado de la luz del sol reflejada por el polvo del cometa. Por encima de 3 micrómetros, el

continuo se debe a la emisión térmica de las partículas de polvo y es una función de la temperatura. Hasta ahora, la espectroscopia infrarroja ha identificado la presencia de varias moléculas en cometas, incluyendo silicatos (10 micrómetros), agua (2.7 micrómetros), monóxido de carbono (4.7 micrómetros),  $\text{CH}_3\text{OH}$  (3.52 micrómetros), dióxido de carbono (4.25 micrómetros) y  $\text{H}_2\text{CO}$  (3.59 micrómetros).

La composición del medio interestelar (el espacio entre las estrellas) determina la composición de los objetos que se forman a partir de él, como son las estrellas y los planetas. La información proporcionada por el estudio de los átomos y las moléculas del medio interestelar es crucial para nuestro entendimiento de la formación estelar y de la evolución galáctica. Las moléculas que lo constituyen tienen sus líneas espectrales (las "huellas" que las identifica) principalmente en el infrarrojo. Estas líneas espectrales nos permiten determinar la temperatura, la densidad, la luminosidad, la composición, los campos magnéticos, la dinámica y la estructura detallada del medio interestelar. La espectroscopia infrarroja ha permitido el descubrimiento de hielos de agua, metano, dióxido de carbono, formaldehído y monóxido de carbono en el medio interestelar.

Las moléculas interestelares, como el agua y el amoníaco, y los átomos, como el oxígeno y el carbono, son detectados en el infrarrojo en muchas partes de nuestra galaxia. Estas moléculas se encuentran en las nubes frías de polvo y gas en las que se forman las nuevas estrellas y planetas.

Los estudios infrarrojos nos han mostrado como las nubes de gas y polvo que se encuentran entre las estrellas contienen moléculas orgánicas complejas, los bloques más fundamentales de la Vida, que pueden llegar a contener hasta cien átomos de carbono. Recientemente, los resultados espectroscópicos de ISO han llevado al descubrimiento de moléculas que nos pueden ayudar a entender el proceso por el cual las moléculas orgánicas complejas se forman en el espacio.

La mayoría de los elementos pesados en el Universo se encuentran atrapados en los granos de polvo. El hielo, visto a 3 micrómetros, puede cubrir algunos de estos granos. Muchos de estos granos de polvo están hechos de silicatos, que puede absorber y emitir luz a 10 micrómetros. Es por ello que los estudios en el infrarrojo cercano nos ayudan a detectar estos granos y a estudiar en qué tipo de medio se encuentran. Los estudios infrarrojos sugieren que el polvo interestelar es una importante fuente del agua que se encuentra en los planetas.

**Formación Estelar:** Las estrellas se forman en las regiones más densas de las nubes interestelares. La luz infrarroja, al ser capaz de penetrar a través de todo el polvo y el gas que se encuentra en ellas, nos permite estudiar estas regiones que se están colapsando para formar estrellas. La espectroscopia infrarroja nos proporciona información sobre la temperatura, la densidad, la velocidad de colapso y la estructura de velocidades de estas regiones, así como de las moléculas que en ellas se encuentran, sus abundancias y su distribución.

La espectroscopia infrarroja ha permitido la detección de agua en forma de hielo, dióxido de carbono, silicatos y hasta cristales en el polvo alrededor de estrellas jóvenes. Estas observaciones han mostrado como elementos tan comunes en la Tierra como son el agua y los silicatos, existen en grandes cantidades en los discos protoplanetarios (los discos a partir de los cuales se forman los planetas).

Esta es una cita de un comunicado a la prensa de ESA sobre los resultados del Telescopio Espacial Infrarrojo ISO:

*"En la nebulosa de Orión, donde se están formado muchas estrellas, ISO ha detectado suficiente agua como para llenar los océanos de la Tierra 60 veces al día" - dijo Alberto Salama, un astrónomo de la ESA en el equipo del ISO. "ISO nos ha permitido probar que hay un verdadero ciclo del agua en el universo".*

**Estrella Vieja:** Las estrellas, a medida que se van quedando sin combustible, expulsan al espacio enormes cantidades de materia, rica en elementos pesados, que se han ido produciendo durante sus diferentes fases de combustión. El estudio espectroscópico de esta materia nos permite estudiar los elementos que se forman en las estrellas y las moléculas que se producen alrededor de estas estrellas viejas.

Datos espectroscópicos de ISO han mostrado la presencia de complejas moléculas orgánicas que se forman rápidamente (en unos miles de años) en las regiones que rodean a las estrellas más viejas. Estos elementos acaban siendo incorporados a otras estrellas y planetas a medida que éstos se forman en las nubes moleculares.

Las estrellas expulsan su materia al espacio de varias formas. La mayoría de las estrellas lo hacen a través de la expulsión de sus capas más externas, dando lugar a las nebulosas planetarias, o a través de intensos vientos. Las estrellas masivas explotan en un fenómeno espectacular conocido como supernova.

**Signos de vida**

"Los seres humanos, así como el resto de los organismos en la Tierra, están basados en agua líquida y en moléculas orgánicas." (Carl Sagan).

La mejor región del espectro para la localización de planetas y para el estudio de la existencia de vida en ellos es el mediano infrarrojo. Las pruebas de la existencia de las condiciones requeridas para que haya vida en los planetas se pueden obtener de sus atmósferas, mediante la detección de compuestos como el agua, el dióxido de carbono y el ozono. Por ejemplo, en nuestro Sistema Solar, la Tierra es el único planeta cuyo espectro muestra la presencia de estas tres moléculas.

**El estudio de nuestra galaxia**

Una forma de estudiar la estructura de nuestra galaxia es haciendo mapas de la intensidad de ciertas líneas espectrales de toda la Vía Láctea. En el infrarrojo, existen varias líneas que son muy útiles para estudiar la distribución en la Galaxia de las regiones de formación estelar y de las nubes frías interestelares. El núcleo (la región central) de la Vía Láctea es una región fascinante y muy compleja. Contiene una alta densidad de estrellas, con una alta probabilidad de colisión, así como una alta

densidad de nubes que se mueven a gran velocidad y posiblemente un agujero negro muy masivo. Los estudios infrarrojos han mostrado como las estrellas del centro galáctico están distribuidas en una barra que rota. El estudio de nuestro centro galáctico nos proporciona la oportunidad única de conocer qué tipo de fenómenos tienen lugar en los núcleos de las galaxias, ya que las otras galaxias se encuentran demasiado lejos para llevar a cabo estos estudios. Nuestro centro galáctico está oculto de nuestra vista por regiones muy densas de polvo. La luz infrarroja puede atravesar estas regiones permitiéndonos estudiar el centro mismo de nuestra galaxia.

Los espectros infrarrojos de las estrellas del centro galáctico nos indican que un periodo muy intenso de formación estelar tuvo lugar hace menos de 10 millones de años.

Los espectros infrarrojos de las galaxias sirven para estudiar la estructura de las mismas y su influencia en la formación de estrellas. La espectroscopia infrarroja ha mostrado que una clase de galaxias, las galaxias infrarrojas ultra luminosas, deben su altísima luminosidad a la existencia de episodios muy intensos de formación estelar.

La cosmología es el estudio del origen y la evolución del Universo. Es una rama de la astronomía que trata de dar respuesta a este tipo de preguntas: Cuál es la edad del Universo? Cómo se originó? Va a seguir expandiéndose para siempre o va a acabar en un Gran Colapso? Cómo se formaron los elementos químicos? La espectroscopia infrarroja nos da pistas importantes para poder responder a muchas de estas preguntas.

### CONCLUSIONES:

La espectroscopia astronómica nos permite explorar la luz de las estrellas hasta el punto de conocer muchas de sus características, como la temperatura, la composición, el tamaño o la velocidad radial de la estrella...

Mucho del conocimiento que actualmente se posee sobre el Universo, se ha obtenido y se seguirá obteniendo, a través de esta potente técnica como es la Espectroscopia Astronómica. Su objeto es la determinación directa o indirecta de muchas de las características físicas y químicas de los cuerpos celestes y de la materia interestelar existente en el aquél, mediante el estudio de las distintas regiones de sus espectros electromagnético:....microondas, infrarrojo, ondas luminosas (luz), ultravioleta,....

### REFERENCIAS:

[1] <http://bpombo.wordpress.com/2009/08/13/esp ectroscopia/>

[2] [http://www.astrocosmo.cl/b\\_p-tiempo/b\\_p-tiempo-02.htm](http://www.astrocosmo.cl/b_p-tiempo/b_p-tiempo-02.htm)

[3] <http://mural.uv.es/juanama/astronomia/astro nomia.htm>

[4] [http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ir/spectra/irspectra\\_index.html](http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ir/spectra/irspectra_index.html)

[5] <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num4/art23/art23-3.htm>