

LAS ESTRELLAS

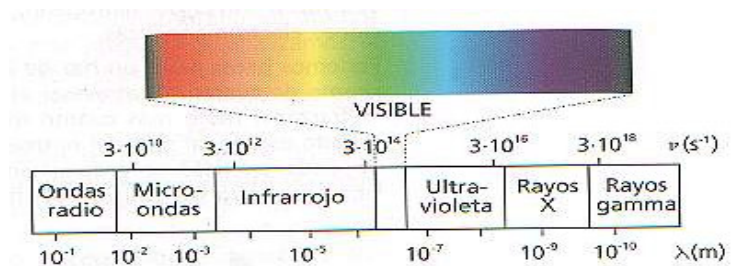
2b.2) Composición de las Estrellas

Composición de la energía electromagnética ordenada en el espectro

Considerando la longitud de onda de la luz y su frecuencia vemos que según su energía es posible modelar la radiación electromagnética en un espectro continuo que va desde las ondas de radio hasta los rayos gama.

Sólo una pequeña parte del espectro es visible, y una pequeña parte más allá de lo visible es capaz de atravesar la atmósfera. A esto se

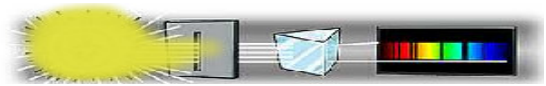
le llama “ventana atmosférica”, de suma importancia para la astronomía hasta que fue posible ubicar elementos de observación fuera de la atmósfera.



Espectros de Absorción

Así como muchos importantes descubrimientos científicos, las observaciones de Fraunhofer sobre las líneas espectrales fue un accidente. Fraunhofer fabricaba los mejores prismas de su época y simplemente estaba probándolos. Cuando la luz del sol pasó por una pequeña hendidura y luego a través del prisma, formó un espectro con los colores del arco iris, pero para su sorpresa, el espectro contenía una serie de líneas oscuras.

¿**Líneas oscuras**? Esto es lo opuesto de lo que hemos venido hablando. En las figuras del módulo anterior hemos visto que los diferentes elementos crean una serie de líneas brillantes a determinadas longitudes de onda.



Como veremos a continuación, eso es lo que ocurre cuando un elemento es calentado. En términos del modelo de Bohr, aplicar calor a los átomos incrementa su energía, así que algunos electrones pueden saltar a niveles superiores de energía. De esa forma cuando uno de estos electrones vuelve al nivel inferior, emite un fotón en una de las frecuencias especiales de ese elemento creando las líneas brillantes que observamos.

Pero hay otra forma en que un elemento puede producir un espectro. Supongamos que en lugar de una muestra calentada de un elemento, tenemos ese mismo elemento en la forma de un gas relativamente frío. Luego emitimos luz blanca dirigida al gas. Cuando los fotones de la luz blanca pasan a través del gas, algunos de ellos pueden interactuar con los átomos, siempre que tengan la frecuencia apropiada para empujar un electrón de ese elemento hasta un nivel superior de energía y los fotones en esas frecuencias particulares son absorbidos por el gas. Sin embargo los átomos son "transparentes" a los fotones de otras frecuencias.

Así, todas las otras frecuencias saldrían intactas del gas y el espectro de la luz que ha pasado a través del gas tendría algunos "agujeros" en las frecuencias que fueron absorbidas.

Es correcto. El espectro con estas frecuencias faltantes se llama espectro de absorción. (Notemos que las líneas oscuras en un espectro de absorción aparecen en las mismas exactas frecuencias de las líneas brillantes en el correspondiente espectro de emisión). Lo que nos lleva a la siguiente sentencia:



TODO ELEMENTO ES CAPAZ DE ABSORBER LAS MISMAS LONGITUDES DE ONDA QUE ES CAPAZ DE EMITIR.

Bajo un cuidadoso examen, el espectro "continuo" del sol resultó ser un espectro de absorción. Para llegar a la tierra, la luz del sol necesita pasar a través de la atmósfera del sol, que está mucho más fría que la parte del sol en que la luz es emitida. Los gases en la atmósfera del sol absorben ciertas frecuencias, creando las cerca de 600 líneas oscuras que vemos en el espectro solar.

Origen de las líneas espectrales

El Átomo de Bohr

El modelo atómico de Niels Bohr se utiliza para explicar las líneas de la firma de los elementos. Bohr propuso una regla extraordinaria que deberían seguir los electrones: Los electrones sólo pueden estar en órbitas definidas por la energía del electrón. Todas las otras órbitas simplemente no eran posibles. Ellos podrían saltar entre estas órbitas y en el proceso absorberían un cuanto de energía o lo emitirían según fueran de un estado de menor a mayor energía o viceversa respectivamente. Lo realmente novedoso del modelo de Bohr era que los electrones sólo podían moverse en forma "discreta", es decir a "saltos" y no en forma continua. Estos son llamados quanta (plural de quantum) y de ahí la física Cuántica. Así se crea la expresión (quantum leap). Salto Cuántico.

Se puede profundizar bastante en este siglo XXI acerca de la naturaleza de la materia a este respecto, los modelos han evolucionado al átomo de Schrödinger y luego a facetas de la física cuántica que hoy dominan la tecnología que nos da gran parte de la comodidad y beneficios que disfrutamos.

Hemos estado hablando de la luz visible porque es la forma más sencilla de experimentar. Pero lo correcto es hablar de la "frecuencia" o de la "longitud de onda" de los fotones y no de su color. Los átomos pesados, que tienen cantidades de electrones, tienden a interactuar con ondas de alta energía, como los rayos-x.

El Principio de Exclusión de Pauli

Propuesto inicialmente por Wolfgang Pauli que supuso que dos electrones no podían coexistir en el mismo "estado cuántico". En este contexto, significa que dos electrones idénticos no pueden estar en el mismo nivel de energía en el mismo átomo.

De esta forma hemos visto como es posible saber sin dudas cuales elementos están presentes en las estrellas sin importar las distancias a las que se encuentren.

Sin embargo esto no es todo, ya que el espectro juega un papel preponderante en la Astronomía, permitiéndonos además investigar desde el movimiento de las estrellas, su velocidad, las características de rotación de las galaxias y hasta la edad del universo como veremos más adelante.

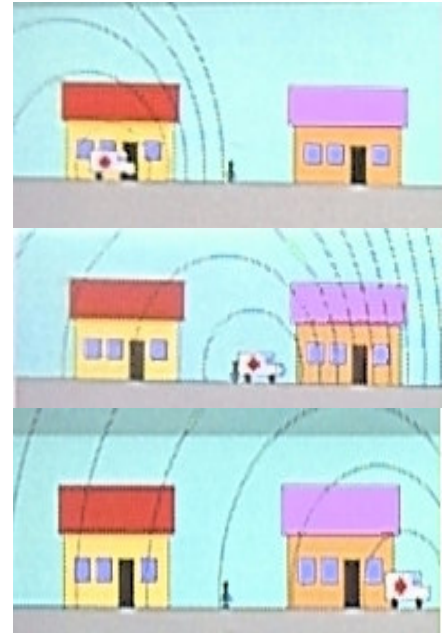
Efecto Doppler-Fizeau

El sonido se transmite por ondas que viajan a una velocidad aproximada de 200 m/s.

Las ondas sonoras tienen longitud de onda, como las de luz, pero aquí el oído humano percibe las variaciones de longitud de onda como diferencias en el tono.

De esta manera los tonos agudos tienen menor longitud de onda que los tonos bajos.

Cuando un objeto en movimiento emite sonido, las ondas tienden a acortarse en la dirección del movimiento y a alejarse en sentido inverso, sin embargo para el observador que está a bordo del objeto que emite el sonido éste no cambia. Veamos el ejemplo con la sirena de la ambulancia en las ilustraciones de la derecha.



Cuando se aplica este fenómeno a la luz hablamos de efecto Doppler – Fizeau.

Si bien hablamos de ondas, existen diferencias.

En este razonamiento los objetos que se acercan a nosotros deberían cambiar su color y los que se alejan igualmente. Razonemos con ayuda del gráfico siguiente. Un objeto que se acerca acortará su longitud de onda en la dirección del movimiento, deberíamos verlo con su longitud de onda más corta, es decir azulado, y un objeto que se aleja debería verse rojizo.

Pues bien esto no sucede en la vida diaria, ¿dónde está el error en el razonamiento?.

Para comenzar debemos tener en cuenta que si bien algunos vehículos se mueven a velocidades apreciables, fracciones importantes de la velocidad del sonido, dando lugar a cambios en el registro del sonido, ninguno, ni el más veloz que podamos construir se acerca a una fracción apreciable de la velocidad de la luz.

En consecuencia el desplazamiento a velocidades que serían muy grandes como para que hubiera cambios de color, (que es el “tono de la luz visible) no es observable.

Cuando las velocidades son considerables pero no tan altas como para que existan variaciones de color igualmente es posible apreciar que en el espectro de un objeto las longitudes de onda se acortan si éste se acerca.

Ahora bien, sucede que si el infrarrojo se transforma en rojo y el azul en violeta y el violeta desaparece en el ultravioleta no tenemos forma de medir el desplazamiento.

Es como tener una tira de papel blanco sin marcas que movemos sobre el fondo uniforme, ¿cómo sabremos observando solo una parte cuanto se ha movido?

Pero; ¿es esto cierto? ¿Es el espectro totalmente uniforme?

Pues bien aquí entran en funcionamiento las líneas espectrales, que sólo están en un lugar y en una forma y grosor determinadas. Así que si encontramos las líneas que corresponden al helio, pero estas están desviadas hacia el azul, eso querrá decir que la estrella que estamos observando se acerca a nosotros y cuanto más cerca del violeta estén mayor será la velocidad a la que la estrella se acerca a nosotros.

Lo mismo es válido si están corridas hacia el rojo, el objeto se aleja.

A esto se le llama corrimiento al rojo y corrimiento al violeta, y como cada elemento tiene su propia "firma espectral" el procedimiento es infalible.

En este módulo hemos aprendido una de las herramientas más importantes de la astrofísica para determinar composiciones químicas, y velocidades.

Esto nos servirá para aprender más cosas acerca del universo que lo que ningún ser humano soñó jamás antes de esta época.

Podemos saber de que está compuesta una estrella cualquiera y saber su situación en el espacio con respecto a nosotros, los gases que forman su atmósfera, y hacer modelos de cómo son sus procesos internos al saber de que está compuesta.

Ninguno de todos los grandes científicos de la humanidad que vimos en el módulo anterior tuvo esta oportunidad, el estudio de la Astronomía en el siglo XX y ahora principios del XXI otorga oportunidades únicas. Hace doscientos años, y en algunos casos hace sólo ochenta, no importaba la inteligencia o los instrumentos de que se dispusieran, ni que tan grande fuera su dedicación había misterios que permanecerían por siempre ocultos. Hoy, por ser ciudadanos de este tiempo, muchos de esos imposibles han pasado al reino de lo cognoscible, de lo comprensible.

Veremos en los siguientes módulos las leyes que permiten conocer la temperatura de las estrellas y de esta forma su magnitud absoluta y así su tamaño y como nacen, viven y mueren, así como los finales espectaculares que tienen algunas, siendo que todos los tipos de estrellas tienen finales acordes a su tipo.