

Termómetro Estelar

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
clase de Computacion

Gómez Uribe Joel
Díaz Hernández Iker
Martínez García Janet

11 de febrero de 2021

Resumen

En este documento veremos las aplicaciones de el estudio del cuerpo negro y la catástrofe ultravioleta, empleado en un programa que haremos para poder calcular temperaturas a partir de su radiación térmica.

1 Introducción

El siglo XVIII estuvo repleto de descubrimientos, las ideas y teorías tenían un progreso agigantado que incluso hacía pensar a la intuición del medio que se acercaba el momento de conocer la verdad absoluta de la naturaleza, los escritos de mecánica, termodinámica y electromagnetismo llevaban consigo siglos de teoría y pilares de experimentación, el fin de la física como una disciplina científica resonaba, pensando en que se había descubierto todo lo que había por descubrir. Max Planck no se cegó ante la idea de que los misterios de la naturaleza estaban concluyendo y junto con otras mentes brillantes, condujeron a la razón de la separación entre física clásica y moderna, cimentando la física cuántica. Es en la idea de Planck en la que basaremos nuestro programa. A mediados del siglo XVIII, Gustav Kirchhoff hizo estudios sobre la radiación térmica, tomando como base la emisión de energía de un cuerpo caliente y la asoció con un cociente de emisión/absorción de radiación, formulando un ejercicio donde el objeto principal de estudio es un cuerpo que absorbe toda la energía que incide sobre él, llamado cuerpo negro. El enigma surge en el análisis de los resultados experimentales, los científicos Rayleigh y Jeans propusieron un modelo matemático que intentaba modelar el comportamiento empírico del cuerpo negro, sin tener éxito siguieron buscando soluciones al problema, que se le adjudicó el término de llamando la catástrofe ultravioleta, posteriormente Max Planck, quien tomando en cuenta los

modelos sin éxito y los resultados experimentales, empleo algunos arreglos matemáticos dando con una constante y por ende un nuevo modelo matemático que describía a la perfección la curva del cuerpo negro, se denomina con la letra h y equivale a $6.63 \cdot 10^{-34} Js$, dicha constante no es solo un número, es una nueva idea que ajusta y renueva el concepto de emisión energía, ya no fluye de manera continua sino está cuantizada y necesita un mínimo de energía para emitir radiación de cierta longitud de onda, esos mínimos paquetes discretos de energía se denominan cuantos, de donde se desprende el nombre de la física cuántica. Después de conocer la ecuación de Planck:

$$E(\lambda, T) = (8\pi hc \lambda^{-5} * (e^{(hc/\lambda kT)} - 1))^{-1}$$

T = Temperatura absoluta

E = Energía

λ = longitud de onda

h = constante de Planck

era fácil observar que había una relación inversa entre la temperatura y el pico máximo de longitud de onda emitida, entre mayor es la temperatura, el máximo de la curva se traslada hacia las longitudes de onda más cortas, dicho principio es modelado por ecuación de desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{maximo} * T = b$$

λ_{maximo} = Pico máximo de la curva

T = Temperatura absoluta

b = Constante de Wien

esta relación entre temperatura y radiación nos ha llevado a conocer más a detalle las condiciones de los cuerpos celestes que están en el umbral de observación de los instrumentos de medición humanos y conocer las condiciones en otros rincones del universo, las estrellas en particular emiten radiación que podemos detectar y medir, este programa tiene la función de rescatar una serie de datos con rangos establecidos y medir la temperatura de los cuerpos celestes con alta aproximación.

1.1 Objetivo

El objetivo que tenemos al realizar este experimento es el poder crear programas con todo lo aprendido en el curso ocupando el estudio de la ecuación de Planck y la catástrofe ultravioleta. a partir de esto queremos mostrar que se puede calcular la temperatura de un cuerpo (en este caso estrellas) a partir de su radiación emitida; también haremos valida la ecuación de Planck mediante un programa donde calcularemos los máximos puntos de longitud de onda de cinco temperaturas de estrellas reales en el rango de 3000k-6000k, estas son de tipo ROJAS, NARANJAS Y AMARILLAS, el color depende del espectro visible y de su temperatura.

1.2 Metodología

Para poder realizar este experimento, necesitamos tener conocimientos previos de programación como Python, el saber utilizarlo adecuadamente; el saber los comandos, las librerías, el saber hacer operaciones aritméticas, el saber graficar en Python, etc. También se necesita tener la teoría bien fundamentada sobre el cuerpo negro y la catástrofe ultravioleta, se necesita conocer matemáticamente la ecuación de Planck, las constantes importantes que conlleva está ecuación como la de Wien, también saber cómo funcionan de manera práctica, cómo funciona el cuerpo negro y que estudia o para que sirve, con esto podremos emplear el experimento.

1.3 Desarrollo

Se hicieron tres programas, uno donde se calcula la ecuación de Planck, comprueba y muestra con una gráfica su método para calcular máximos de poder emisivo espectral; otro donde se simula la radiación y medición de una estrella con una temperatura planeada de manera aleatoria; y el ultimo donde con los

datos simulados de la medición se calcule la temperatura del astro. Al final con el rango de valores calculados y un documento donde se revela la temperatura con la que simulo las mediciones se comprueba si esto se hizo de manera correcta.

Las bibliotecas que serán usadas en los tres programas son: matplotlib, para graficar y mostrar texto usando latex; numpy, para usar las constantes pi y e; random, para generar números de manera aleatoria; y pandas, para abrir y generar documentos con formato .csv. En cada programa se define la ecuación de Planck, para esto primero se definen las constantes que son: $k = 1.30 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$ (Constante de Boltzmann), $c = 2.99 \times 10^8 \frac{m}{s}$ (Velocidad de la luz en el vacío), $h = 6.62 \times 10^{-34} Js$ (Constante de Planck), $a = \frac{hc}{k}$ (Constante conveniente para los cálculos). La ecuación se define como una función con variables de la longitud de onda y la temperatura de tal modo que:

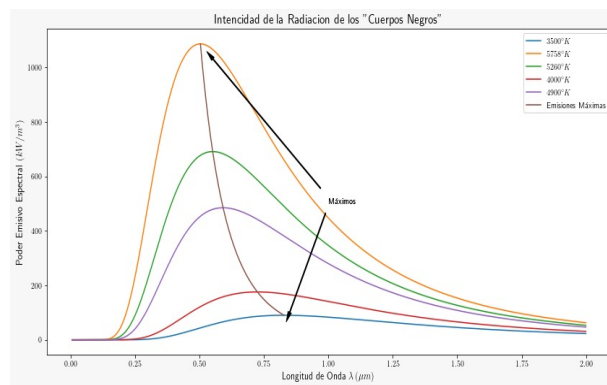
$$E = \frac{8\pi ak}{\lambda^5} \cdot (e^{\frac{a}{\lambda T}} - 1)^{-1} \quad (1.1)$$

En el primer programa, llamado Ecuación de Planck, se calcula el poder emisivo espectral de cinco temperaturas distintas, las cuales son: $3500^\circ K$ (estrella roja), $5758^\circ K$ (estrella amarilla), $5260^\circ K$ (estrella amarilla), $4000^\circ K$ (estrella naranja), $4900^\circ K$ (estrella naranja). Con un rango de longitud de onda de $6nm$ a $2\mu m$ (un cálculo por cada nanómetro en este intervalo), y se calcula la longitud de onda que da el poder emisivo espectral máximo con la ecuación $\lambda_{max} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T}$ de la temperatura mayor y la menor ($5758^\circ K$ y $3500^\circ K$), y se calcula su poder emisivo espectral de este rango con respecto a la temperatura que le corresponde para que sea máxima ($T = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$). Al final se grafican y se comprueba que corresponde a los máximos.

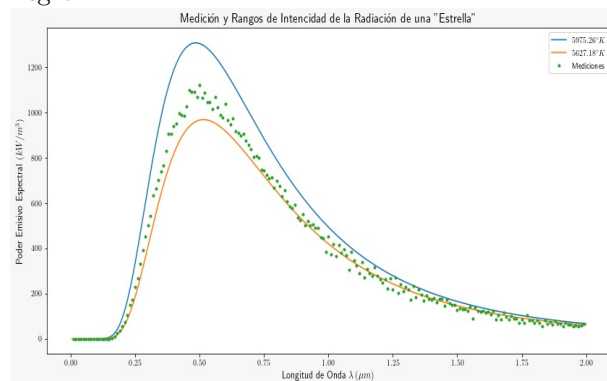
Luego para el segundo programa, llamado Simulación de Captura de Longitud de Onda de una Estrella, se genera un valor aleatorio para la temperatura de $3000^\circ K$ a $6000^\circ K$, y con este valor se calcula E con un rango de longitud de onda de $7nm$ a $4\mu m$, después se generan 200 rangos correspondientes a una fracción del valor máximo de E al mínimo, para encontrar valores aleatorios entre ellos y luego en una lista de datos poner el valor de la longitud de onda que le corresponde, esto seria como una medición, ya que la proporción de datos almacenados sean de orden correcta a la temperatura utilizada sin tener una perfección en la medida (para simular una medición real). Al final estos datos se guardan en un archivo Datos_Finales.csv y la temperatura con la que se calculo E se guarda en un archivo de texto.

Y para el último programa, llamado termómetro estelar, se abre el archivo Datos_Finales.csv y se colocan en una lista, luego se mide la cantidad de “fotones” (sería una interpretación de lo que se mide) a la longitud de onda correspondiente, con la longitud de onda mayormente medida se calcula un rango de temperatura donde se puede encontrar (un rango de más o menos $15nm$), se calcula sus E y se grafican los rangos y las mediciones que se hicieron. Al final se comprueba si la medida con la que se calculó la simulación se encuentra en el rango calculado por el termómetro estelar.

1.4 Resultados



En esta primer imagen podemos ver la grafica que resulta al aplicar la ecuación de Planck con 5 temperaturas de estrellas en un rango de $3000^{\circ}K$ a $6000^{\circ}K$, podemos hacer énfasis en el pico de logitud de onda máxima el cual nos dice que entre mayor temperatura está se va ir desplazando al eje Y, y aquí comprobamos la efectividad de la ecuación de Planck y el cuerpo negro.



En esta imagen podemos ver el resultado de una temperatura arbitraria; es decir tan solo de conocer la radiación que emite el cuerpo de estudio, podemos saber a qué temperatura está este, haciendo énfasis que es una temperatura arbitraria que el programa

eligió. La raya de color azul que observamos, es el punto máximo que tenemos y la raya naranja el rango mínimo aleatorio, por lo tanto es una temperatura que está entre $5975.26^{\circ}K$ a $5627.18^{\circ}K$ (solo en este caso). Los puntos verdes simulan a los fotones o la medición de la radiación que está dentro del rango establecido por el programa.

Temperatura final: 5975.26 K
Rango: 5627.18 K a 5975.26 K
Las muestras de radiación que se dan son a partir de una estrella que esta a 5867 grados Kelvin

Al final tenemos esta imagen del documento que creo el programa donde toma una temperatura aleatoria en el rango de $3000^{\circ}K$ a $6000^{\circ}K$, aquí estamos aplicando el Termómetro Estar ya que hará cálculos para saber su temperatura y estos van acorde a la radiación emitida por el cuerpo, y vemos que coincide con la de la imagen pasada, por lo tanto este experimento es completamente fidedigno.

2 Discusión

Podemos ver claramente que el echo de poder manejar un lenguaje de programación como python nos facilita bastante el tener que hacer cuentas, vimos que el objetivo se cumplió, se pudo lograr hacer un programa el cual mostro una gráfica donde se puede observar el comportamiento de la radiación emitida por un cuerpo de estudio, en este caso son las estrellas, y podemos medirlo a partir de la constante de Planck; todo esto gracias a la aplicación eh investigación que se hizo sobre el cuerpo negro y la catástrofe ultravioleta, podemos ver cómo este tema pudo dar pie a este experimento, y es viable ya que si comparamos esta gráfica con alguna gráfica que se tiene sobre un cuerpo negro a similares temperaturas, se va a aparecer muchísimo, y es lo que queríamos, el poder demostrar que funciona la ecuación de Planck y con eso hacerla práctica en alguna problemática de la vida diaria como el saber la temperatura de una estrella a partir de la radiación emitida por ella.

3 Conclusión

Finalmente podemos concluir que Python es una herramienta muy útil para poder simular experimentos físicos y matemáticos que pueden ser teóricos o experimentales, tal es el caso del cuerpo negro como el expuesto anteriormente, es complicado encontrar en la naturaleza y que sean fácilmente maleables, cuer-

pos con un cociente de absorción muy cercano a la unidad, donde absorba toda la energía que incide sobre el, esta simulación nos ayudó a comprender la importancia de la ecuación de Planck y su forma de cuantizar la energía, así como el manejar una serie de datos que nos proporcione información que sería complicado deducir sin lo dinámico del programa y en este caso darle una utilidad científica de analizar datos que aportan a la información de las estrellas que están en el rango de visibilidad de los dispositivos humanos, el conocer su temperatura y radiación puede ayudar a clasificarlas de mejor manera y cada vez poder conjeturar teorías con más seguridad, esto nos ayuda a comprender la utilidad de la programación ligada a la aplicación y progreso científico, con el que damos cada vez más pasos para conocer la naturaleza del inconcebible universo.

4 Bibliografía

beiser.A. Concepts of Modern Physics.Mcgraw-Hill College, 2003.

Mendoza, J., Hernández, H. 1998. El nacimiento de una constante.Ensayo.1998 <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/e0431.pdf>

.M. (2020, 9 noviembre). Cuerpo negro y catástrofe ultravioleta. Fisicotrónica. <http://fisicotronica.com/cuerpo-negro-y-catastrofe-ultravioleta/>

Romero, V. 2014, 16 mayo. Cómo Planck introdujo la constante h: una interpretación. Clase UNAM. <https://www.fisica.unam.mx/personales/romero/TE-RMO2014/planckh.pdf>.

Cronología cuántica -. 2019, 6 febrero. Física cuántica en la red. <http://www.fisicacuantica.es/cronologia/>