



FÍSICA – FCPN – UMSA

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
(UMSA)
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
(FCPN)**

CARRERA DE FÍSICA

**1^{er} DIPLOMADO EN FÍSICA
PARA PROFESORES DE COLEGIO
(Semi-Presencial)**

DFIS

**MODULO: ASTRONOMÍA y ASTROFÍSICA
Semana 9: Estrellas (*Parte C*)**

Docente: *Lic. Roy Omar Edgar Bustos Espinoza*

***La Paz - Bolivia
2008***



FÍSICA – FCPN – UMSA

SYLLABUS (Semana 7)

- 1) Astrofísica Básica
- 2) Coordenadas y tiempo
- 3) Sistema Solar
- 4) Estrellas**
- 5) Sistemas Estelares
- 6) Cosmología
- 7) Instrumentación y tecnología espacial

SYLLABUS EXTENDIDO (Semana 4)

- 1) Astrofísica Básica
- 2) Coordenadas y tiempo
- 3) Sistema Solar
- 4) Estrellas
 - **Estrellas**
 - **Propiedades Estelares**
 - **Determinación de la Distancia**
 - **Flujo, Luminosidad y Magnitud**
 - **Radiación, Índices de Color y Temperatura**
 - **Determinación del Radio y la Masa**
 - **Movimiento Estelar**
 - **Variación Estelares**
 - **Atmósferas**
 - **Evolución Estelar**
 - **Formación Estelar**
 - **Diagrama Hertzsprung-Russell**
 - **Estrellas en las Secuencias Pre Principal, Principal y Post Principal**
 - **Estado final de las Estrellas**
- 5) Sistemas Estelares
- 6) Cosmología
- 7) Instrumentación y Tecnología Espacial

8) Estrellas

1 Estrellas

○ Propiedades Estelares

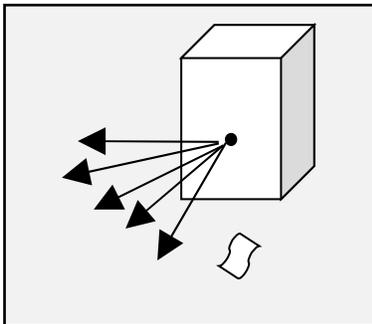
- Determinación de la Distancia
- Flujo, Luminosidad y Magnitud
- Radiación, Índices de Color y Temperatura

La radiación proveniente de las estrellas es la más importante información que nos llega de ellas.

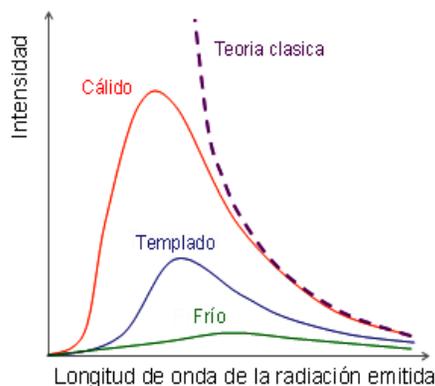
Hablemos acerca de la **Radiación térmica**, la cual se define como aquella que emite todo cuerpo en forma de ondas electromagnéticas cuando está calentado.

A medida que sube la temperatura, el cuerpo, además de aumentar la potencia de la radiación, va aumentando su frecuencia; comenzando en el color rojo, para luego seguir con el anaranjado, amarillo, verde, azul, violeta, y luego pasar a otra región del espectro electromagnético, ultra violeta, rayos X, etc.

Existe también una relación con el elemento y el estado físico del cuerpo en estudio. Por ejemplo el Hierro a 2000 [°K] irradia rayos rojos, a 5800 [°K] amarillos, a 6300 [°K] verdes, a 15000 [°K] azul, a 21000 [°K] violeta, etc.



La **Radiación del Cuerpo Negro** ha sido estudiada con énfasis a finales del siglo XIX. Dicha radiación se define como aquella que proviene de una cavidad completamente encerrada, a la cual se le ha aplicado una dada temperatura, T , y luego se le realiza un pequeño orificio. El orificio o hueco se ve completamente negro, sin embargo del mismo sale radiación electromagnética (con longitud de onda, $\lambda [m]$ y en consecuencia, frecuencia, $f [Hz]$, conocidas, ya que $\lambda f = c$, donde c es la velocidad de la radiación), de ahí el nombre (*figura 2*).



Al medir el flujo [W/m^2] o intensidad de esta radiación en función de la longitud de onda se han encontrado unas funciones muy interesantes mostradas en la *figura 3*. Del análisis de esta radiación se han obtenido leyes que son validas en general para todos los cuerpos emisores de radiación. En la *figura 3* se muestra la Radiación de cuerpo negro para diferentes temperaturas. El gráfico también muestra el modelo clásico que predijo a la ley de Planck

Gráfico obtenido de: http://es.wikipedia.org/wiki/Cuerpo_negro



FÍSICA – FCPN – UMSA

La **Ley de Desplazamiento de Wien**, fue obtenida por W. Wien en 1896:

$$\lambda_{Max} T = b \quad (1)$$

Donde, λ_{Max} es la longitud de onda máxima para cada curva de la *figura 3*, T es la temperatura del cuerpo y b es conocida como la *constante de desplazamiento de Wien* tal que:

$$b = (2,8977686 \pm 0,0000051) \times 10^{-3} [mK] \quad (2)$$

b es una de las constantes fundamentales de la física.

Observe que a medida que la temperatura del cuerpo aumenta, el máximo de la curva de intensidad se desplaza hacia longitudes de onda más cortas, o lo que es lo mismo, va aumentando su frecuencia, por la conocida relación:

$$\lambda f = c \quad (3)$$

La ecuación (1) es de gran utilidad para determinar la temperatura de las estrellas, basta conocer el color de la intensidad de radiación que nos llega para tal fin.

Ejemplo

La estrella *Antares* de la constelación de Escorpio, es una estrella que emite luz roja con una frecuencia igual a $4,82 \times 10^{14} [Hz]$. Encuentre a) la longitud de onda. b) la temperatura de *Antares* en grados Kelvin y grados centígrados.

Solución.-

a) De la ecuación (3):

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{299792458}{4,82 \times 10^{14}} = 6,22 \times 10^{-7} [m]$$

b) De la Ley del desplazamiento de Wien:

$$T = \frac{b}{\lambda_{Max}} = \frac{2,8977686 \times 10^{-3}}{6,22 \times 10^{-7}} = 4658,97 [K]$$

Para calcular la temperatura en grados centígrados debemos restar 273 [K], es decir:

$$T = 4658,97 [K] - 273,15 [K] = 4385,82 [^{\circ}C]$$



FÍSICA – FCPN – UMSA

Otro hecho fundamental en el análisis de la radiación, es que, a medida que aumenta la temperatura, además de aumentar la frecuencia y recibir un color distinto de la radiación, cambia también la potencia de la fuente.

Esta potencia ha sido descubierta experimentalmente por J. Stefan en 1879 y demostrada teóricamente por L. Boltzmann en 1885 y es conocida como la **Ley de Stefan-Boltzmann**.

La **Ley de Stefan-Boltzmann** relaciona la cantidad de energía emitida por una fuente por unidad de tiempo y por unidad de área, cantidad conocida como la *emitividad de radiación*, cuyo símbolo empleado es la letra PHI: Φ

La ley indica que Φ es una cantidad proporcional a la cuarta potencia de la temperatura:

$$\Phi = \sigma T^4 \quad (4)$$

donde σ es la *constante de Stefan-Boltzmann* cuyo valor está dado por:

$$\sigma = (5,670400 \pm 0,000040) \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right] \quad (5)$$

y es otra de las constantes fundamentales de la física.

Note que la emitividad de radiación, Φ , tiene unidades de Potencia por unidad de Area, es decir, es igual al flujo de una fuente luminosa, como por ejemplo, una estrella.

Ejemplo

Calcule la emitividad de radiación de la estrella *Antares* de la constelación de Escorpio.

Solución.-

Del resultado encontrado en el anterior ejemplo, y usando la constante de Stefan-Boltzmann, encontramos que:

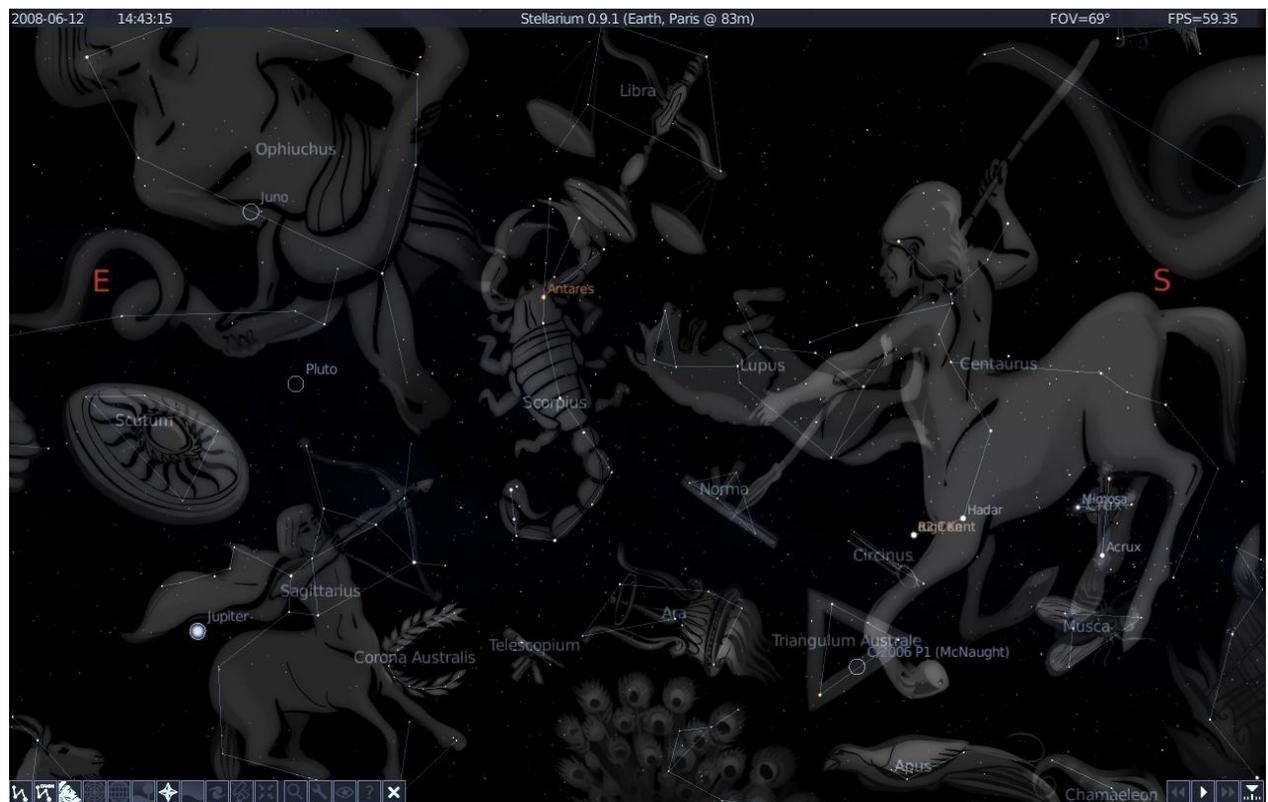
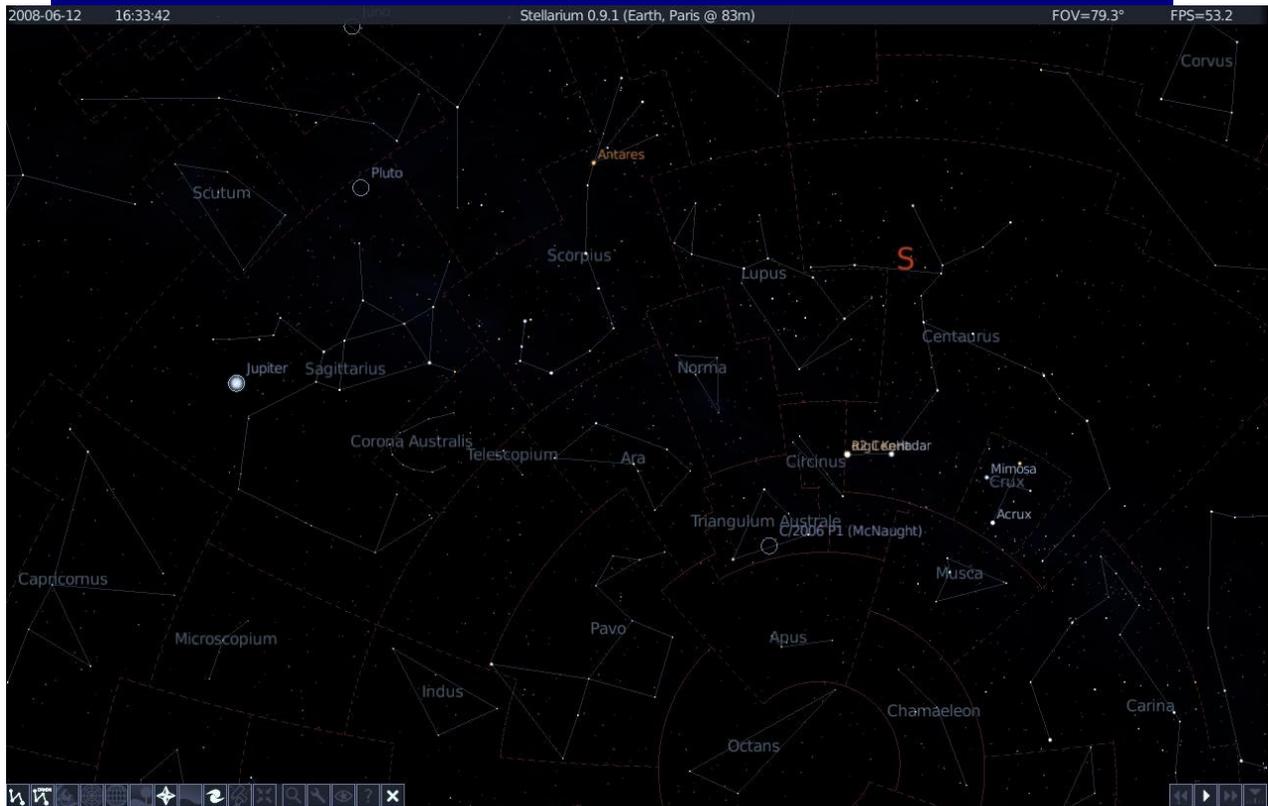
$$\Phi = \sigma T^4 = 5,670400 \times (4658,97)^4 = 26,7 \times 10^6 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Práctica

1) Encuentre, en la bóveda celeste, la estrella *Antares*, la misma que pertenece a la constelación de *Escorpio*. Esta constelación se la puede encontrar en el Este. Como ayuda estudie las siguientes figuras; la primera muestra las constelaciones visibles desde las latitudes Bolivianas y la segunda resalta artísticamente cada una de estas constelaciones:

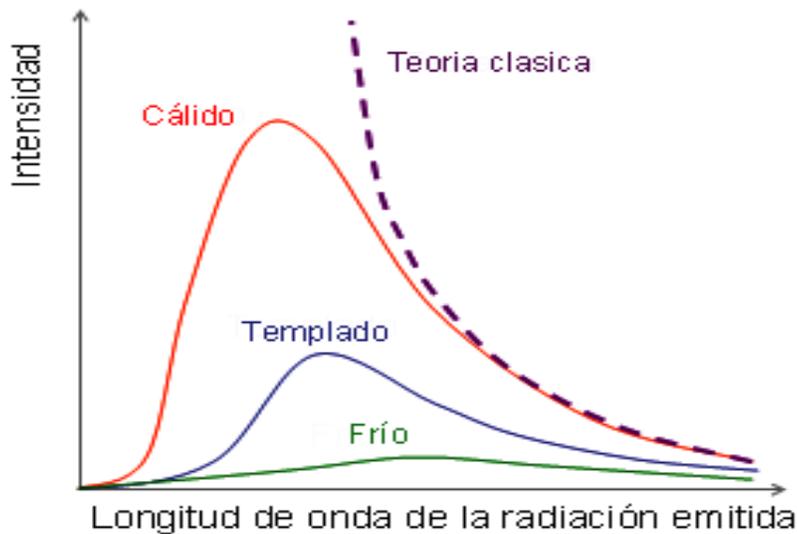


FÍSICA – FCPN – UMSA



2) Repita los dos ejemplos de esta unidad para una estrella azul con una frecuencia igual a $6,61 \times 10^{14}$ [Hz] . Es decir, encuentre a) la longitud de onda. b) la temperatura en grados Kelvin y c) su emitividad de radiación. Compare los resultados encontrados sobre *Antares*.

3) Explique del grafico de las curvas de Planck:



¿Cuando existe mayor intensidad o flujo de radiación, a mayor temperatura o menor temperatura?

¿Que indica la línea punteada sobre la teoría clásica?

¿Cómo cambiaría las líneas del gráfico si colocamos a la frecuencia de la radiación en el eje horizontal en vez de la longitud de onda?

Nota: La Teoría Clásica (electromagnetismo, mecánica, etc.) no podía explicar a las funciones experimentales encontradas sobre la radiación del cuerpo negro (las líneas roja, azul y verde en el gráfico). Ella predecía la línea punteada en el grafico.