



**FÍSICA – FCPN – UMSA**

---

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

**CARRERA DE FÍSICA**

**1<sup>er</sup> 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

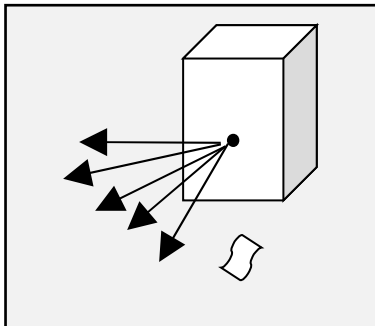
- Determinación de la Distancia
- Flujo, Luminosidad y Magnitud
- Radiación, Índices de Color y Temperatura

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

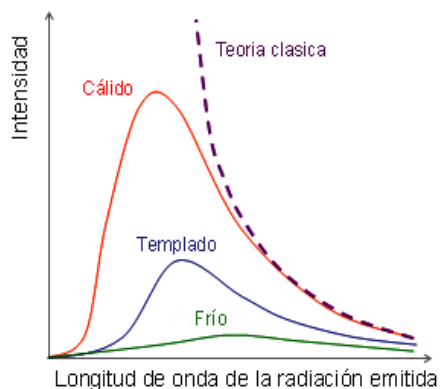
Hablemos acerca de la **Radiación térmica**, la cual se define como aquella que emite todo cuerpo en forma de ondas electromagnéticas cuando está calentado.

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 válidas 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](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,  $\lambda_{Max}$  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:  $\Phi$

La ley indica que  $\Phi$  es una cantidad proporcional a la cuarta potencia de la temperatura:

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

donde  $\sigma$  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,  $\Phi$ , 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:

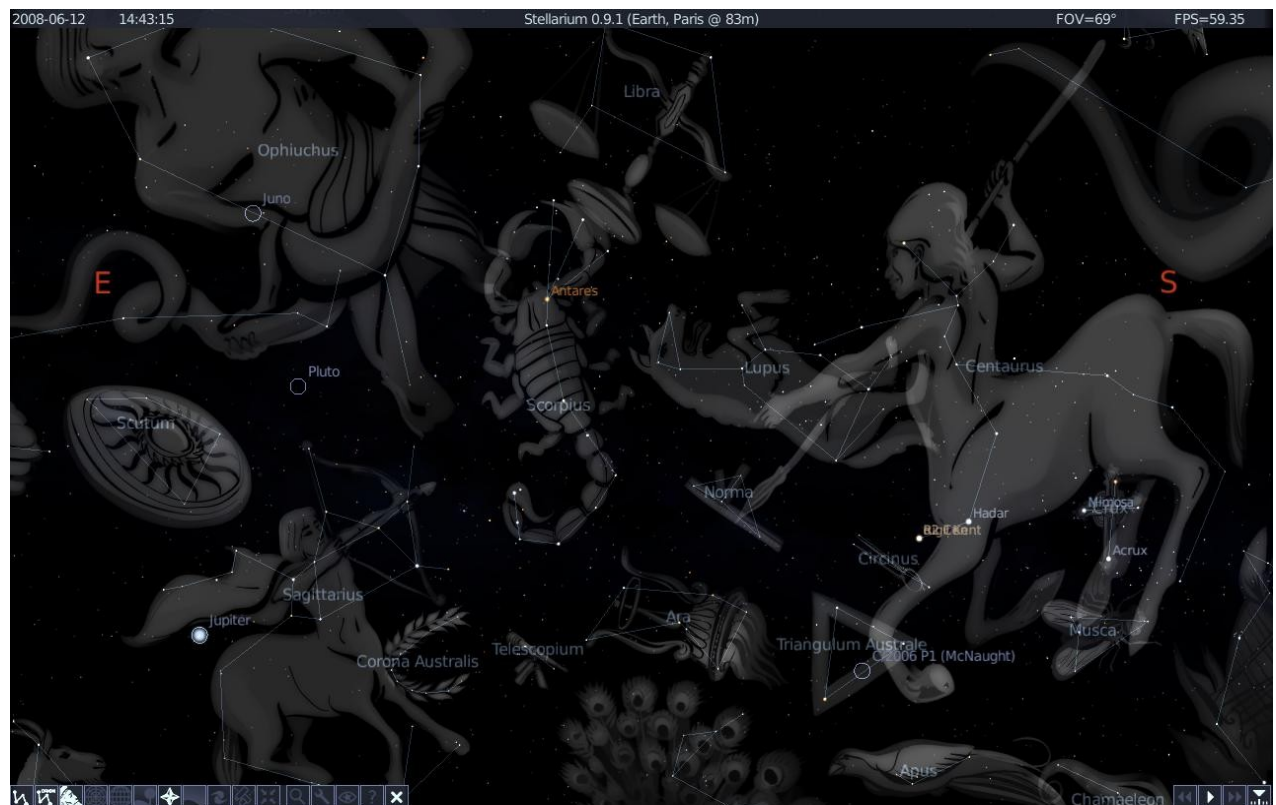
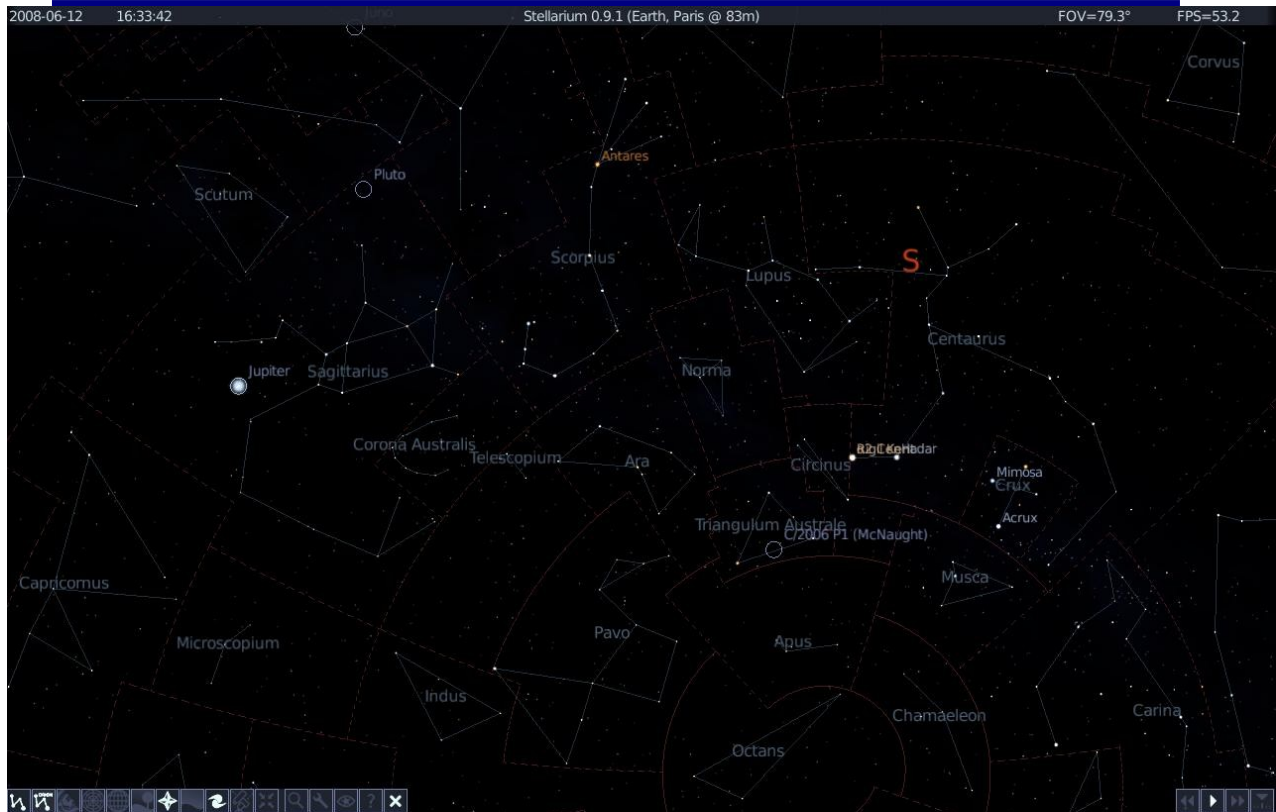
$$\Phi = \sigma T^4 = 5,670400 \times (4658,97)^4 = 26,7 \times 10^6 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

### 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:

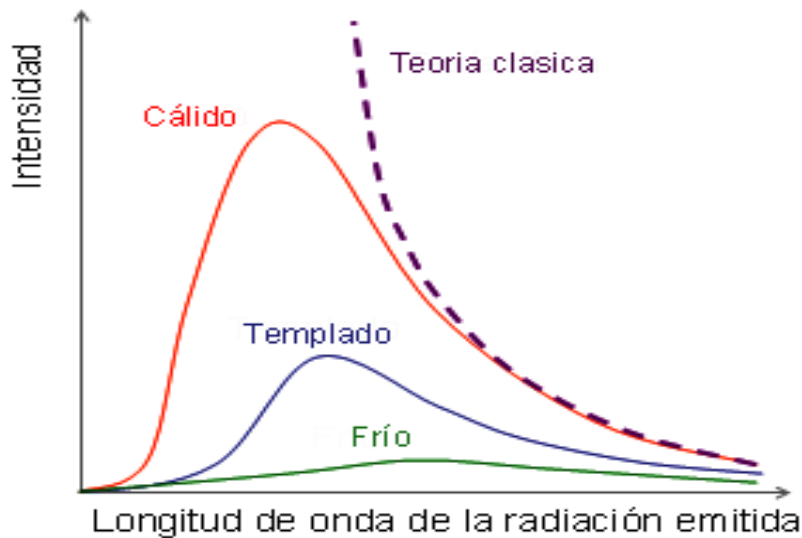


# FÍSICA – FCPN – UMSA



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.