



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 8: Estrellas (*Parte B*)**

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**
 - **Índices de Color y Temperatura**
 - **Determinación del Radio y la Masa**
 - **Movimiento Estelar**
 - **Variación Estelares**
 - **Atmósferas**
 - **Evolución Estelar**
 - **Formación Estelar**
 - **Diagrama Herzprung-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

4) Estrellas

- Estrellas

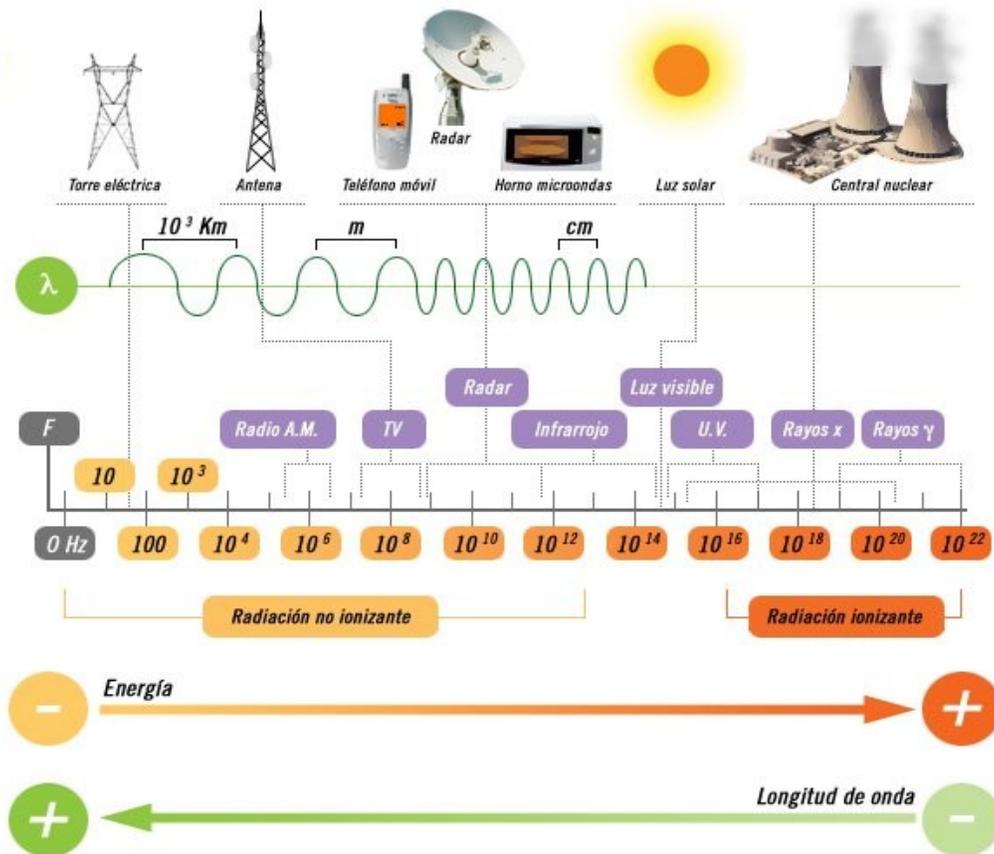
- Propiedades Estelares

- Índices de Color y Temperatura

Las ondas electromagnéticas (Luz, ondas de Radio, UltraVioleta, Infrarojo, etc.) proveniente de las estrellas es la más importante información que nos llega de ellas.

Hasta el fin de la edad media, el medio más importante de observación astronómica era el ojo humano. Luego, a comienzos del siglo XVII, llegó la invención del telescopio, y las observaciones astronómicas de Galileo. La fotografía astronómica se inició a finales del siglo XIX y, durante las últimas décadas, muchos tipos de detectores electrónicos son usados para el estudio ya no solo de la luz visible de las estrellas sino de otros rangos del espectro electromagnético, el cual se resume en el siguiente diagrama:

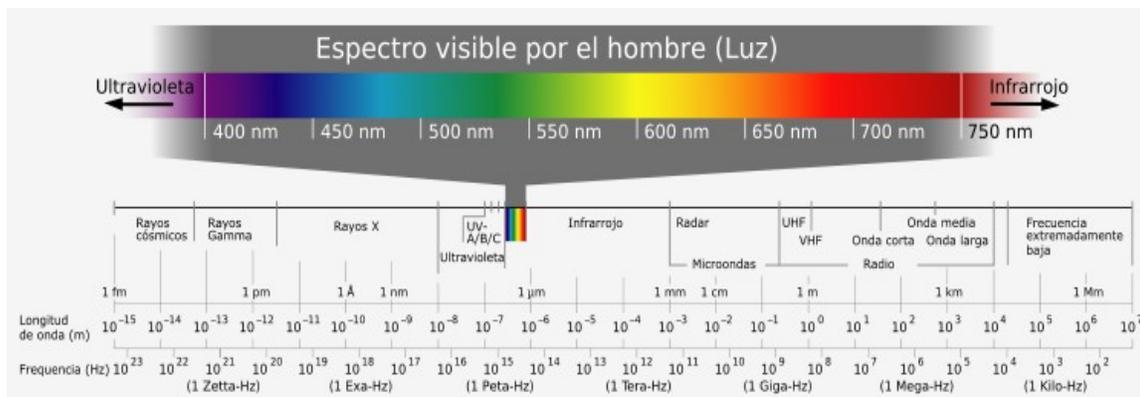
El espectro de frecuencias.



En principio, radiación de todos estos subconjuntos del espectro nos llega de las estrellas y el cosmos en general, es decir, nos llegan ondas de Radio, luz, UV, Rayos X, Rayos γ, etc.

La **Radiación Térmica** se define como aquella radiación 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.

Nota: Espectro Visible por el Hombre El aumento de la frecuencia en el espectro, visible por el ser humano, comienza en el color rojo, para luego proseguir con el anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta, el mismo puede ser apreciado en el siguiente diagrama:



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Luz>

Por ejemplo, el Hierro calentado a 2000 [°K] irradia rayos rojos, a 5800 [°K] amarillos, a 6300 [°K] verdes, a 15000 [°K] azul, a 21000 [°K] violeta, etc.

La mayoría de las observaciones utilizan a la radiación electromagnética como medio de estudio. La radiación electromagnética es a la vez un conjunto de ondas electromagnéticas, es decir, se aplican los principios básicos de las ondas.

En 1687 Isaac Newton publicó su famoso libro *Principia*, en el mismo, además de hablar de muchos fenómenos naturales y describir por ejemplo las leyes de la Mecánica, Newton encuentra la relación existente entre la longitud de onda, λ , la frecuencia, f , y la velocidad, v , de cualquier onda. Su relación es la siguiente:

$$\lambda f = v \quad (1)$$

La frecuencia es uno de los conceptos más importantes en el análisis ondulatorio. Se define como:

$$f \equiv \frac{\text{Número de ciclos}}{\text{Tiempo}} \equiv \frac{\text{Viajes de ida y vuelta}}{\text{Tiempo}} \quad \left[\frac{1}{s} = \text{Hertz} = \text{Hz} \right] \quad (2)$$



FÍSICA – FCPN – UMSA

Cuando el tiempo, t , es el periodo, P , la relación se escribe así:

$$f = \frac{1}{P} \left[\frac{1}{s} = \text{Hertz} = \text{Hz} \right] \quad (3)$$

donde el periodo, P , es el tiempo en que se emplea en completar un ciclo.

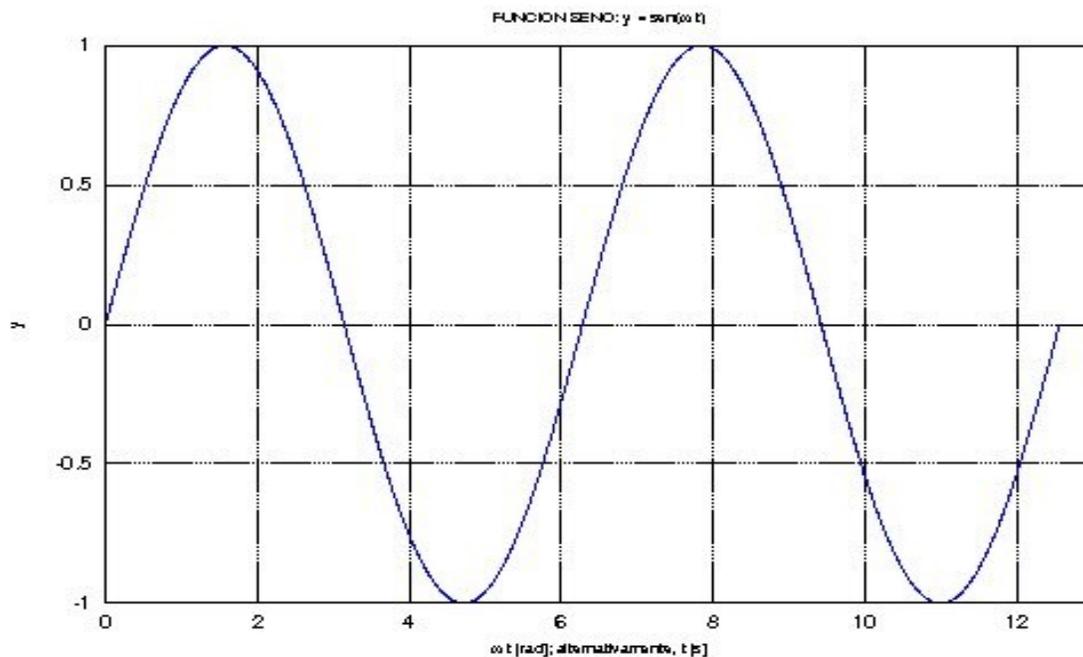
Por ejemplo, si el segundero de un reloj da una vuelta (un ciclo) en 60 segundos su periodo será igual a 60 segundos y la frecuencia valdrá:

$$f_{\text{Segundero}} = \frac{1}{60[s]} = 0,01666[\text{Hz}] \quad (4)$$

En el caso de una onda, por ejemplo $y = \text{sen}(\omega t)$, donde ω es la frecuencia rotacional o velocidad angular, cuyas unidades son $[\text{rad} / \text{s}]$, y se relaciona con la frecuencia, f , mediante:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{P} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad (5)$$

Ejemplo: Sea $\omega = 1 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$, entonces $P = 2\pi \approx 6,283 [s]$, $y = \text{sen}(t)$ y su grafico será:



La frecuencia, f , será: $f = \frac{1}{2\pi} \approx 0,159 [\text{Hz}]$. Note que: $\omega t = \omega P = 2\pi [\text{rad}]$

En el eje horizontal se miden dos variables: $\omega t [\text{rad}]$ y alternativamente $t [s]$



FÍSICA – FCPN – UMSA

Note que cuando ha pasado un tiempo igual a $P=2\pi\approx 6,283$ [s] la onda completa un ciclo, es decir luego de ese tiempo la onda empieza nuevamente. En el grafico se muestran dos ciclos, el segundo ciclo acaba en $2P=4\pi\approx 12,566$ [s]

Otro concepto importante es la amplitud, A , de la onda. En general la ecuación de la onda se puede escribir como:

$$y = A \operatorname{sen}(\omega t) \quad (6)$$

La amplitud es el espacio máximo y mínimo que la onda alcanza en el eje vertical, es decir, en el eje y . Dicho de otro modo, la onda seno oscila en el eje y y desde $+A$ hasta $-A$.

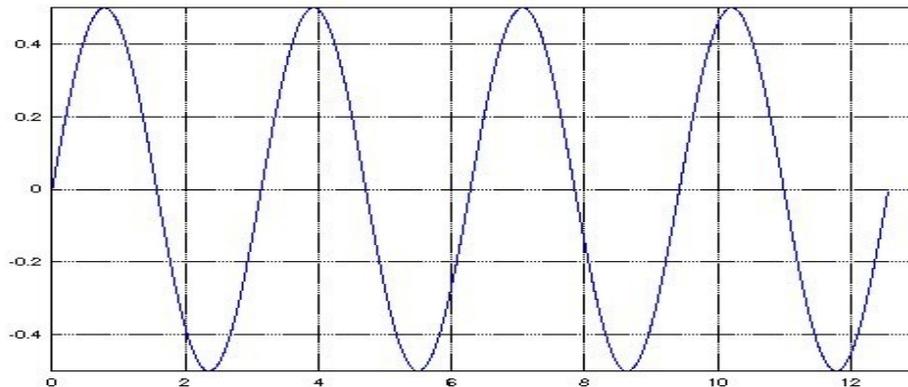
En el ejemplo analizado, la amplitud oscila en el eje y y desde $+1$ hasta -1 (ver gráfico).

Practica

1. De las siguientes ondas, encuentre la amplitud, la frecuencia rotacional, la frecuencia, el periodo y grafíquelas:

- $y = 5 \operatorname{sen}(t)$
- $y = 3 \operatorname{sen}(2t)$
- $y = \frac{\operatorname{sen}(t/2)}{2}$

2. Escriba la ecuación de la onda mostrada en la figura:



Otro de los conceptos fundamentales en ondas es la longitud de onda, λ , definida como:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \text{ [m]} \quad (7)$$

donde k es el número de onda que es el análogo del periodo, P , solo que en este caso se habla de un análisis espacial de la onda. Lo visto anteriormente fue el análisis temporal de la onda.



FÍSICA – FCPN – UMSA

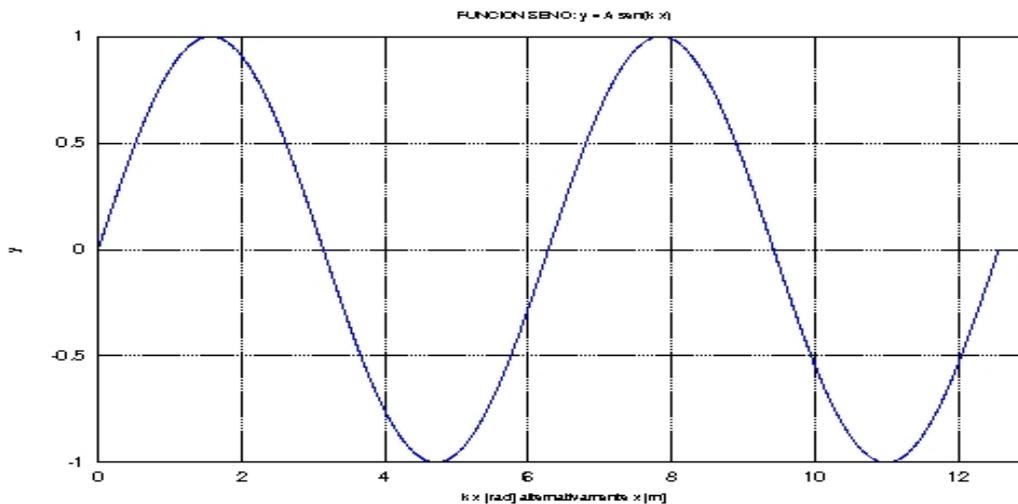
Despejando k de la ecuación (7) tendremos:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \left[\frac{\text{rad}}{\text{m}} \right] \quad (8)$$

λ es la distancia [m], tal que, la onda completa un ciclo, es decir, el espacio necesario para que la onda vuelva a empezar nuevamente. Analicemos un ejemplo para aclarar este concepto.

Ejemplo

Sea $k=1 \left[\frac{\text{rad}}{\text{m}} \right]$ y $A=1$, entonces, $\lambda=2\pi \approx 6,283$ [m], y la función de onda quedará igual a: $y = \text{sen}(x)$ siendo su grafico el siguiente:



Note que: kx se mide en [rad], ya que, colocando unidades en kx tendremos:

$$[kx] = \left[\frac{\text{rad}}{\text{m}} \text{m} = \text{rad} \right]$$

En el eje horizontal se miden dos variables: kx [rad] y alternativamente x [m]

Note que cuando la onda avanza una distancia igual a $\lambda=2\pi \approx 6,283$ [m] esta completa un ciclo, es decir, luego de esa distancia la onda empieza nuevamente. En el grafico se muestran dos ciclos, el segundo ciclo acaba en una distancia igual a: $2\lambda=4\pi \approx 12,566$ [m]

Practica

- De las siguientes ondas, encuentre la amplitud, el número de onda, la longitud de onda y grafíquelas:
 - $y = 2 \text{sen}(x)$
 - $y = 7 \text{sen}(2x)$



FÍSICA – FCPN – UMSA

Volvamos a la ecuación (1): $\lambda f = v$. En este caso la velocidad de la onda será la velocidad de las ondas electromagnéticas, que es igual a la velocidad de la luz. Para su notación se emplea la letra c que viene de la palabra en latín *celer* que significa *rápido*. Su valor es una de las constantes fundamentales en la ciencia y viene dada por:

$$c = 299792458 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Por lo tanto, la ecuación (1) quedará del siguiente modo:

$$\lambda f = c \quad (9)$$

La ecuación (9) se aplica para toda onda electromagnética, es decir, para todo el rango del espectro electromagnético.

Ejemplo

- Calcule la longitud de onda de una estación de radio FM que emite ondas electromagnéticas con una frecuencia de 103,7 Mhz.

Solución.-

El prefijo M significa millón, es decir, $M = 10^6 = 1000000$, por lo tanto,

$103,7 [MHz] = 103,7 \times 10^6 [Hz]$. De la ecuación (9), despejemos la longitud de onda: $\lambda = \frac{c}{f}$,

por tanto, usando el valor de la velocidad de la luz encontraremos finalmente que:

$$\lambda_{FM} = \frac{c}{f} = \frac{299792458}{103,7 \times 10^6} \approx 2,89 [m]$$

- Calcule la longitud de onda del color azul cuya frecuencia es de $6,59 \times 10^{14} [Hz]$

Solución.-

Una vez más de la ecuación (9):

$$\lambda_{Azul} = \frac{c}{f} = \frac{299792458}{6,59 \times 10^{14}} \approx 4,55 \times 10^{-7} [m]$$

Es decir, el color Azul se repite a si mismo aproximadamente cada $0,000000455 [m]$

- Compare los dos últimos resultados.

Solución.-

La comparación solicitada se la encuentra dividiendo los resultados, es decir:

$$\frac{\lambda_{FM}}{\lambda_{Azul}} = \frac{2,89 [m]}{4,55 \times 10^{-7} [m]} \approx 6351648,4 \approx 6,4 \times 10^6$$

Lo que nos indica que la longitud de onda de la radiación FM es 6,4 millones de veces más grande que la longitud de onda del color azul. Note que las unidades se han cancelado.



Practica

1. Cuántas veces es más pequeña la longitud de onda del color azul que la longitud de onda de la onda FM del último ejemplo analizado?
2. Calcule la longitud de onda de las siguientes frecuencias, e identifique mas o menos, a que subconjunto del espectro electromagnético pertenecen:
 1. $f_1 = 10^{20} [Hz]$
 2. $f_2 = 10^7 [Hz]$
3. Compare los resultados de la pregunta 2.
4. Calcule la frecuencia de una onda electromagnética amarilla cuya longitud de onda, λ , vale $5,88 \times 10^{-7} [m]$
5. Una estrella emite luz roja con una longitud de onda, λ , igual a $7,11 \times 10^{-7} [m]$. Calcule la frecuencia de dicha radiación.

La información que nos llega de las estrellas la recibimos en forma de ondas electromagnéticas que pertenecen a distintos subconjuntos del espectro electromagnético, esto depende de la estrella, por ejemplo el Sol emite ondas electromagnéticas además del rango visible, en UV, en Rayos X, Rayos γ , etc. Es por este hecho que resaltamos la importancia de los conceptos vistos en este capítulo.