

Astrofísica General

Grupo 8272 (sólo para estudiantes de física)

Dr. José Antonio García Barreto

Profesor de Asignatura, Facultad de Ciencias,
Investigador Titular B, Instituto de Astronomía
Universidad Nacional Autónoma de México

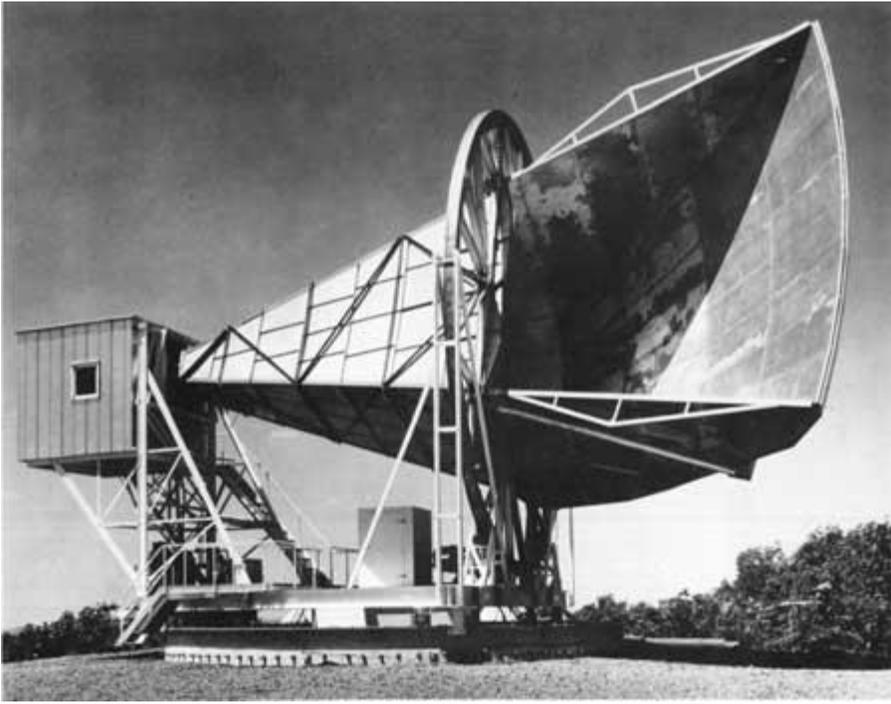
Material Didáctico para utilizar en el curso de ***Astrofísica General*** ofrecido en la Facultad de Ciencias a nivel licenciatura para estudiantes de física, Febrero 2022.

Lectura de Artículo de Penzias y Wilson

En forma similar a una obra de teatro, empezaremos el acto 1 con el modelo aceptado del origen del Universo conocido como la Gran Explosión.

Este modelo tiene como uno de sus pilares “la temperatura actual” del universo y fue determinada y publicada en 1965 en un artículo observacional que detecta ondas de radio.

Dr. Arno Penzias y Dr. Robert Wilson eran dos ingenieros de la compañía de teléfonos de los Estados Unidos y realizaban estudios del ruido circundante para su caracterización a las longitudes de radiación electromagnética correspondientes a ondas de radio. Su antena estaba en el Estado de Nueva Jersey, en Estados Unidos, a varios kilómetros de la ciudad de Nueva York.



Penzias, A.A., & Wilson, R.W., 1965, The Astrophysical Journal Letters, Volumen 142, páginas 419 a 421.

“A Measurements of excess of Antenna Temperature at 4080 Mc/s”

Para hacer más expedita la lectura, lo que he hecho y lo que se les repartió fueron las traducciones al Español su artículo (de manera literal, es decir, sin ninguna idea o frase mía).

Pero antes de eso, necesitamos explicar algunos conceptos que ellos utilizan en su artículo.

1. Temperatura de Antena

Ilustración de una antena con superficie reflectora en forma de parábola



Superficie reflectora en forma de parábola

Engranajes para movimiento con ángulos sobre el horizonte (en esta posición apunta hacia el cenit, 90 grados sobre el horizonte local)

Engrane que le permite movimiento con ángulos en azimuth (0 a 360 grados)

Estructura mecánica

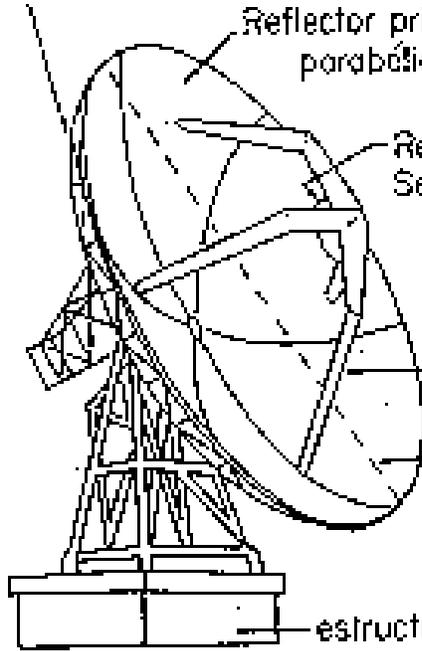
Reflector primario parabólico

Reflector Secundario

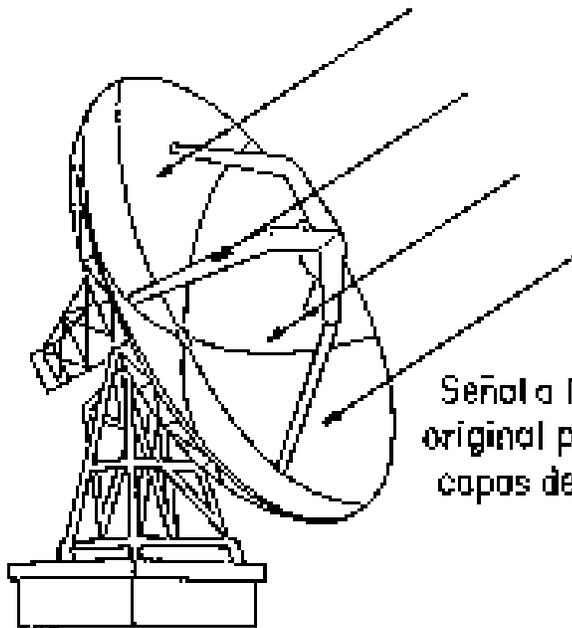
soportes

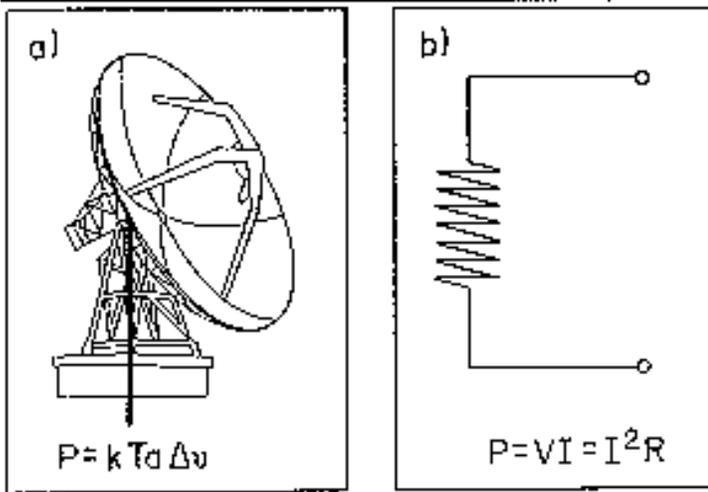
área de la antena perpendicular a la radiación incidente

estructura de apoyo



Señal a la frecuencia original pasando por diferentes capas de la atmósfera





a) Supongamos que la antena con superficie reflectora está encerrada con respecto al medio circundante, y sólo deja pasar la radiación electromagnética incidente. Se puede pensar en un dispositivo que tiene una energía térmica, E . De termodinámica

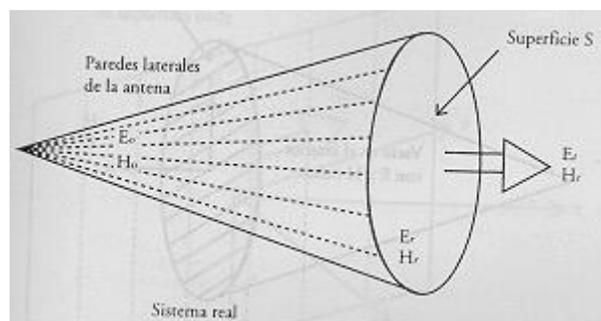
sabemos que la energía térmica es: $E = kT$, donde k es la constante de Boltzmann, y T es la temperatura.

La energía térmica debida a la recepción de radiación electromagnética a una frecuencia de onda ν , en un intervalo de frecuencias, $\Delta\nu$, es, $E \Delta\nu$. A este producto se le conoce como potencia, $P = kT \Delta\nu$.

b) Un circuito sencillo equivalente sería una fuente de voltaje, V , un cable por donde fluye una corriente, I , y una resistencia, R . Al paso de la corriente por la resistencia, ésta se calienta y la potencia de la energía por unidad de tiempo es: $P = VI$.

Del primer dibujo, a la temperatura del dispositivo, se le conoce como Temperatura de Antena, T_a .

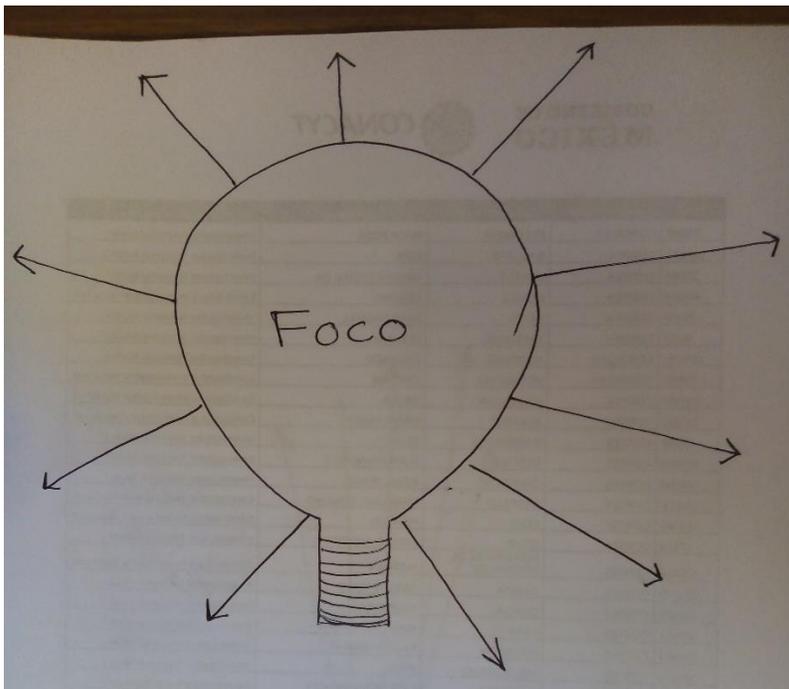
2. **Volúmen ó Angulo en tres dimensiones** por el cual una antena con superficie reflectora emite ó recibe radiación electromagnética.

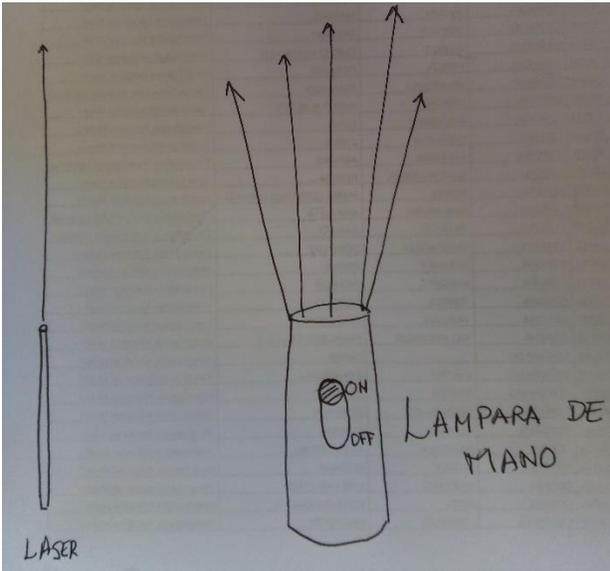


Una idea muy sencilla equivalente es pensar en el volumen o ángulo en tres dimensiones por el cual se emite luz con dos dispositivos:

a) Un foco, b) una lámpara de mano.

Un dibujo nos ilustra : a) la luz emitida es a través de casi todos los ángulos excepto la región debajo de la rosca del foco (en una dimensión sería casi de 345 grados. Y si pensáramos en tres dimensiones, serían esos 345 grados por los 360 de azimuth (rotación alrededor del eje vertical)

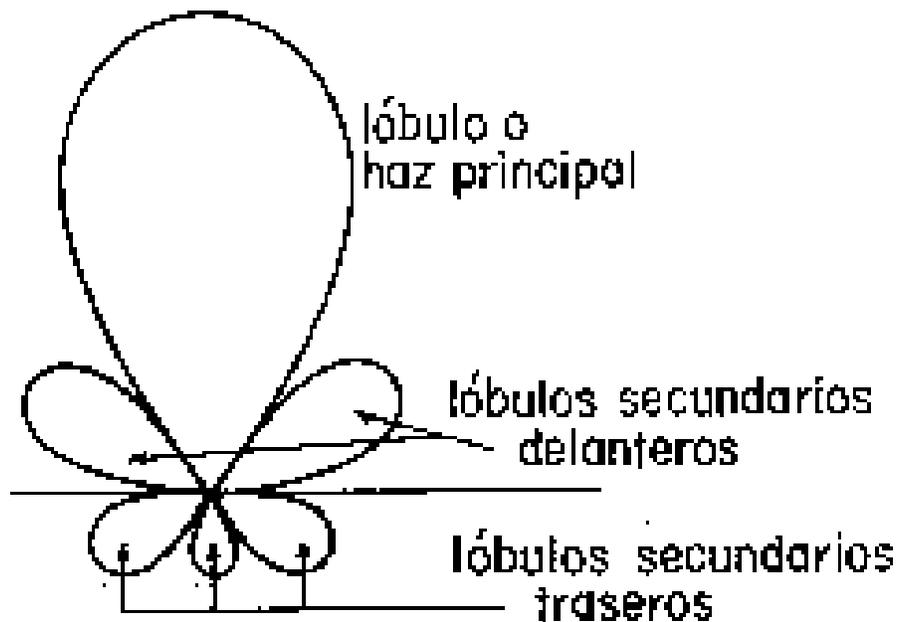




b) para una lámpara de mano el ángulo por donde se emite la luz sería de alrededor de 45 grados en una dimensión.

Para el caso extremo de un láser apuntador, el ángulo sería de alrededor de 1 a 2 grados.

Para una antena con superficie reflectora en forma de parábola, el Ángulo en tres dimensiones se podría graficar como un lóbulo principal, y varios lóbulos secundarios (el tamaño del lóbulo indica la cantidad de luz emitida o recibida, ¡ no a escala!).



3. Unidad de Medida: Decibel

En ingeniería eléctrica y mecánica, se utiliza la medida conocida como **Decibel**, dB.

N decibeles está definida como:

$$N \text{ dB} = 10 \log_{10} \frac{P_s}{P_e}$$

donde P_e es la potencia de entrada a un dispositivo, y P_s es la potencia de salida.

Por ejemplo: para un sistema de sonido, si la potencia (energía por unidad de tiempo) de salida es 2 veces la potencia de entrada ($P_s = 2 P_e$) entonces se tendría un sistema de sonido con 3 dB.

Otro ejemplo: si la potencia (energía por unidad de tiempo) de salida es 0.5 veces la potencia de entrada ($P_s = 0.5 P_e$) entonces se tendría un sistema de sonido con **-3 dB**.

Para un radio telescopio con superficie reflectora en forma de parábola, Si el sistema de un lóbulo secundario trasero es de **-30 dB** con respecto al del lóbulo primario, esto significa que la potencia recibida a través del lóbulo secundario trasero es

$$\frac{-30}{10} = \log \frac{P_{\text{secundario trasero}}}{P_{\text{primario}}}$$

Rearreglando términos:

$$\log \frac{P_{st}}{P_p} = -3.$$

Por lo tanto, tomamos el antilogaritmo base 10 en ambos lados de la expresión tenemos:

$$\frac{P_{st}}{P_p} = 0.001,$$

Es decir, en éste ejemplo, la energía por unidad de tiempo recibida por el lóbulo secundario trasero sería una milésima parte de la energía recibida por unidad de tiempo por el lóbulo primario.

Otro ejemplo que mencionan Penzias y Wilson es que los subsistemas del dispositivo utilizado: sistema electrónico de recepción, antena receptora, uniones de cables, etc, eran menores de 55 dB, eso quiere decir, que la potencia perdida comparada a la potencia principal era de

$$\log \frac{P_{pérdida}}{P_p} = -5.5 .$$

Por lo tanto

$$\frac{P_{pérdida}}{P_{primario}} = 0.000003$$