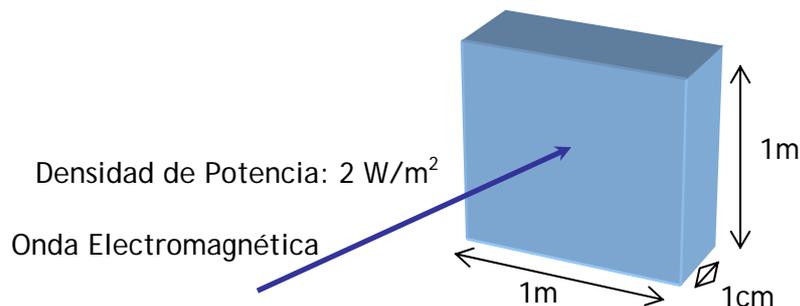

EJEMPLO SOBRE CALENTAMIENTO

Sabéis que el nivel de referencia en el rango de frecuencias alrededor de la frecuencia de resonancia del cuerpo humano (10-400 MHz) es que la onda electromagnética no lleve una densidad de potencia mayor a 2 W/m^2 . Vamos a “echar” unos números para ver cuánto tiempo necesitaría una onda electromagnética que incide sobre una placa de un material con pérdidas de un metro cuadrado de superficie y 1 cm de espesor en elevar la temperatura de la placa 1°C .



Solución

Debemos hacer dos suposiciones para resolver este problema de forma sencilla. Son

1. Supongamos que el volumen de la placa (que es de 10 litros) es térmicamente igual al agua. Esto es una aproximación al cuerpo humano, que es agua en una cantidad importante. El calentamiento de una sustancia se define a través del concepto de *calor específico* C_e , y que se define como la cantidad de calor (energía) que se requiere para elevar un grado Celcius la temperatura de un gramo de una sustancia dada. El calor específico del agua es $C_{e\text{-agua}} = 4,2 \text{ J/gramo } ^\circ\text{C}$. O lo que es lo mismo $C_{e\text{-agua}} = 4.200 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$ (“J” significa Julio que es la unidad de energía). Este valor para el agua es bastante elevado si se compara con el de otras sustancias habituales, lo que indica que se requiere bastante energía para calentar el agua y, también, que una vez caliente el agua desprende mucho calor.
2. Supongamos también que toda la energía electromagnética que lleva la onda es transmitida al volumen. Esta aproximación es la menos correcta o, en otras palabras, la más alejada de la realidad, pues en un caso así se produce una enorme reflexión de la potencia que en algunos casos puede estar cerca al 99%. Esto significa que sólo el 1% de la potencia que lleva la onda es transmitida al volumen. En cualquier caso, recordemos que estamos “echando” números de forma aproximada, para tener una idea de en que orden de magnitud nos movemos.

Con estas suposiciones, y ya que tenemos un volumen de agua de 10 litros (o sea de $0,01 \text{ m}^3$) que “pesa” 10 Kg, necesitaremos una energía de $10 \text{ Kg} \cdot C_{e\text{-agua}} = 42.000 \text{ J}$ para elevar la temperatura el volumen en 1°C . Aplicando la segunda suposición de

que toda la potencia pasa al agua, y ya que la potencia es la energía que fluye por unidad de tiempo, tenemos que

$$\text{Tiempo requerido} = \frac{\text{Energía}}{\text{Potencia}} = \frac{42.000 \text{ J}}{2 \text{ J/seg}} = 21.000 \text{ segs} = 5,8 \text{ horas}$$

Como vemos, unos simples cálculos arrojan una cantidad de horas grande para elevar la temperatura de 10 Kg de agua bajo el límite marcado por las restricciones básicas. En realidad, este valor de tiempo se vería incrementado debido a la suposición de no acoplo que hemos hecho. Recordemos también que elevar la temperatura 1°C es un efecto biológico, pero no necesariamente perverso o peligroso.

Imaginemos que un horno de microondas tiene un campo en su interior de 30kV/m (30.000 V/m). En realidad un horno de microondas es una cavidad resonante con un campo electromagnético en su interior que se llama *onda estacionaria* y que no tiene una magnitud constante en todos los puntos. Hay puntos en los que es máximo y otros en los que es nulo (con todos los valores intermedios entre esos puntos). De ahí que en los hornos microondas haya un plato girador que hace que el "objeto" a calentar se mueva y se consiga un calentamiento lo más homogéneo posible. En cualquier caso, si el campo en un máximo es de 30.000 V/m, ese valor no genera ningún problema para el que maneja el horno pues está aislado de su interior. Un horno microondas bien diseñado no tiene apenas ninguna fuga. Pero ese campo en el exterior es un campo respetable al que no es conveniente estar expuesto. La densidad de potencia equivalente de una onda así es (supuesta una onda plana que no lo es)

$$\text{Densidad de Potencia} = \frac{E^2}{Z_0} = \frac{(3 \times 10^4)^2}{377} = 2,4 \times 10^6 \text{ w/m}^2$$

Algunas antenas de radiofrecuencia de alta potencia y radares (básicamente militares) tienen niveles de densidad de potencia del orden de megavatios por metro cuadrado, por lo que están señalados y protegidos para no acercarse a ellos. Si repitiésemos el ejemplo anterior, ahora necesitaríamos un tiempo de

$$\frac{42.000}{2,4 \times 10^6} = 17,5 \times 10^{-3} \text{ segs} \cong 18 \text{ msecs} \left(m \rightarrow \text{mili} = 10^{-3} \right)$$

para elevar la temperatura del volumen de 10 litros de agua en 1°C. Este es un tiempo ínfimo comparado con el anterior. Obviamente, no hay que estar bajo la influencia de tal campo electromagnético.