

# Cuestionario Fisica III

## Radiación

Alejandro Pernin

1 de abril de 2018

1.

Graficar por computadora y en un mismo gráfico los espectros de radiación en función de  $\lambda$  de un cuerpo negro a las temperaturas: 400, 800 y 1200 °C. Indicar en el gráfico (en una escala que permita distinguir las formas de las tres curvas) el rango visible (4000 – 7500 Å) y la posición de las longitudes de onda para las cuales se alcanzan los máximos de intensidad. Hacer otro gráfico en el rango visible.

### 1.1. Todo el rango

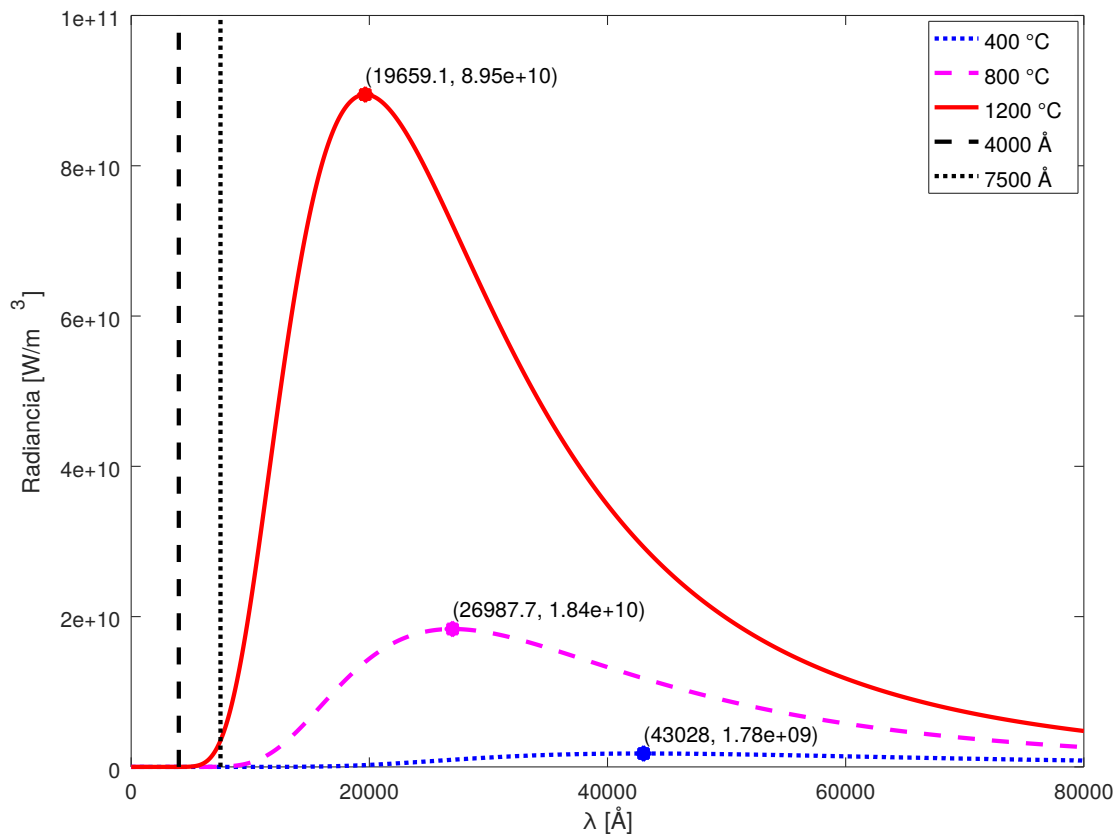


Figura 1: Radiancia espectral a 400, 800 y 1200 °C

## 1.2. Rango visible

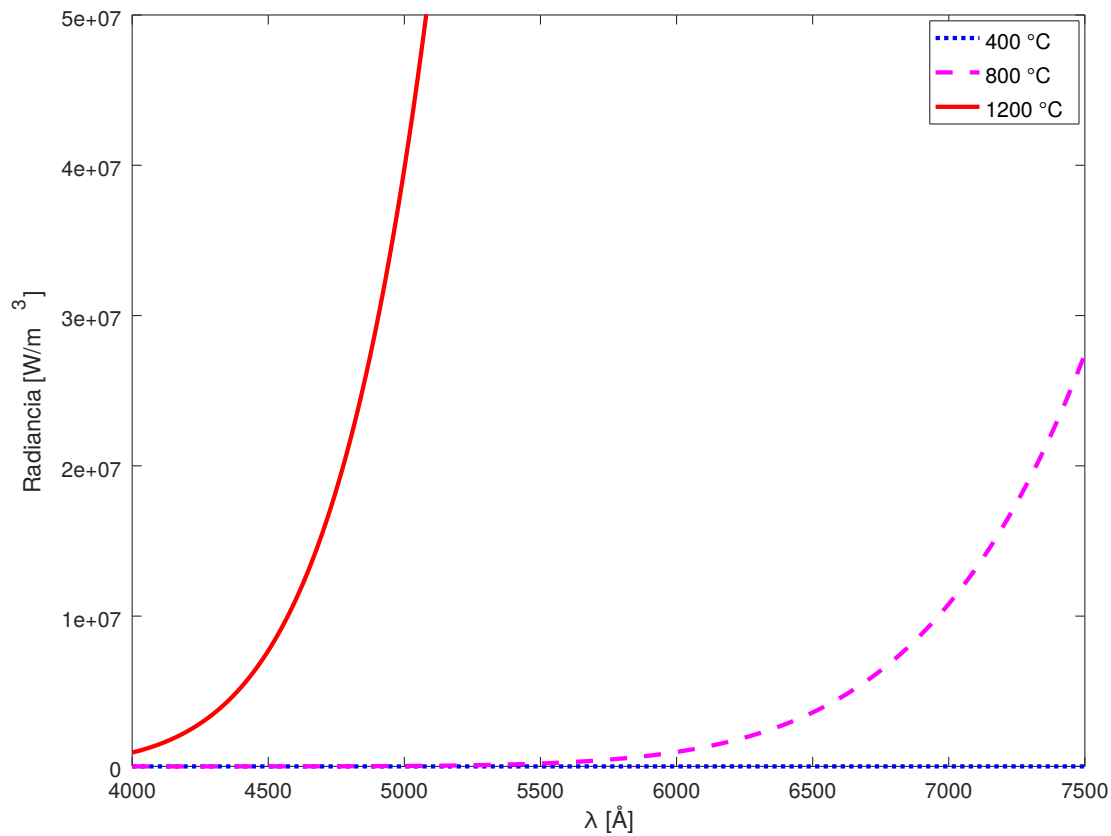


Figura 2: Radiancia espectral a 400, 800 y 1200 °C en el rango visible

## 2.

Calcular la radiancia espectral a los 1600 nm ( $R(1600\text{nm}, T)$ ) para cada una de las temperaturas del punto 1

$$R(\lambda, 400^\circ\text{C}) = 5,66 * 10^7 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} d\lambda$$

$$R(\lambda, 800^\circ\text{C}) = 8,23 * 10^9 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} d\lambda$$

$$R(\lambda, 1200^\circ\text{C}) = 8,01 * 10^{10} \frac{\text{W}}{\text{m}^3} d\lambda$$

## 3.

Calcular la radiancia en el rango visible para cada una de las temperaturas del punto 1. Resolver “exactamente” utilizando algún método numérico y la aproximación del rectángulo. Comparar ambos resultados.

Para los cálculos se empleó una aproximación por rectángulos. Como aproximación se utilizó un sólo rectángulo, como método numérico exacto se utilizaron 10.000.

Temperatura [ $^\circ\text{C}$ ]	Aproximación [ $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ]	Exacta [ $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ]	Error Relativo
400	$1,52 * 10^{-7}$	$1,97 * 10^{-5}$	99.23 %
800	0,158	1,37	88.47 %
1200	88,34	256,61	65.57 %

## 4.

*Explicar brevemente qué es un pirómetro, cómo funciona un pirómetro IR y qué leyes de radiación de cuerpo negro se utiliza en la determinación de la temperatura.*

Un pirómetro es un dispositivo capaz de medir la temperatura de un cuerpo sin estar en contacto con el mismo.

### 4.1. Pirómetro Óptico

Un pirómetro óptico emplea al ojo humano para la medición. Posee un filamento calibrado en su interior, el cuál se aumenta la temperatura mediante el paso de corriente. La superposición del filamento con la visión del objetivo, permite observar cuando ambos objetos (filamento y objetivo) se encuentran a una temperatura similar.

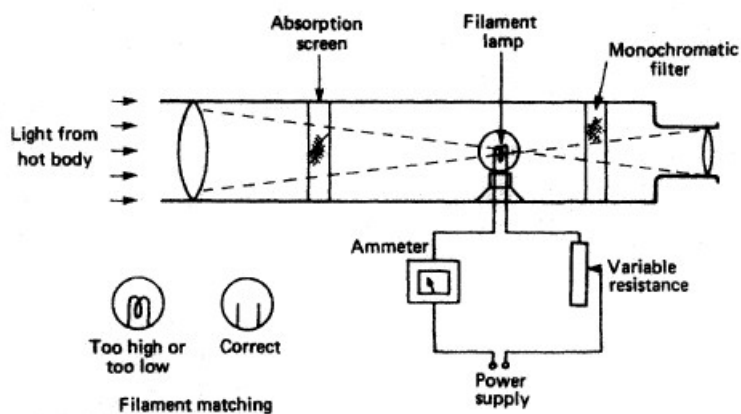


Figura 3: Ejemplo pirómetro óptico



Figura 4: Ejemplo pirómetro óptico

### 4.2. Pirómetro Infrarrojo

Los pirómetros infrarrojos se valen de la radiación emitida por el cuerpo a medir, enfocándose en el espectro infrarrojo mediante filtros.

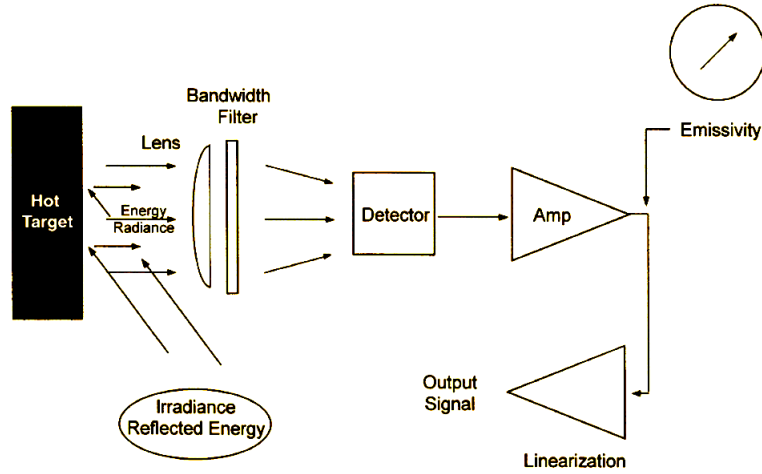


Figura 5: Pirómetro Infrarrojo

Estos pirómetros basan su funcionamiento en la Ley de Plank <sup>1</sup>, dado que los pirómetros operan sobre un espectro acotado de longitudes de onda, la fórmula de la radiancia se puede describir como

$$R(T) = \frac{C_1}{e^{\frac{C_2}{T}} - 1} \quad (1)$$

donde  $C_1$  y  $C_2$  son valores de calibración del pirómetro. Siendo que el pirómetro es capaz de obtener el valor de la radiancia espectral, podemos despejar la temperatura

$$T = \frac{C_2}{\ln\left(\frac{C_1}{R_T} + 1\right)} \quad (2)$$

## 5.

*De acuerdo a lo visto en el punto anterior, comentar qué magnitudes experimentales es necesario conocer para poder medir la temperatura con un pirómetro IR.*

Como vimos en la fórmula 2, precisamos de los valores de calibración  $C_1$  y  $C_2$ , así como también la lectura de la radiancia espectral  $R_T$ .

## 6.

*Explicar cómo es la dependencia de la resistencia con la temperatura (a altas temperaturas) en materiales conductores, dar la expresión matemática de dicha dependencia y explicar brevemente su origen físico.*

La resistencia de un material es la medida de que tanto el material se opone al flujo de electrones a través de dicho material. Se encuentra fuertemente ligada a la *resistividad* o resistencia específica del material, así como también a la temperatura a la que se encuentra.

Considerando un material conductor con sección transversal uniforme, podemos definir la resistencia como

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3)$$

donde  $\rho$  es la *resistividad* del material,  $l$  el largo del material y  $A$  el área de la sección. Aumentar el área de la sección reducirá la resistencia dado que habrá mayor flujo de electrones. Aumentar la longitud del material, por el contrario, hará que los electrones deban recorrer mayor longitud y en consecuencia, se ven mas obstaculizados a fluir.

La relación entre la resistencia y la temperatura se da mediante la resistividad, cuya dependencia con la temperatura se da mediante<sup>2</sup>

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (4)$$

<sup>1</sup>Ver fórmula 8

<sup>2</sup>Para pequeños intervalos de temperaturas (hasta 100 °C)

donde  $T_0$  es una temperatura de referencia,  $\rho_0$  la resistividad a dicha temperatura de referencia y  $\alpha$  una constante de ajuste también dependiente de  $T_0$ . Siendo  $\alpha > 0$  para la mayoría de los materiales <sup>3</sup> podemos afirmar que la resistividad aumenta linealmente con la temperatura. Esto es dado a que un aumento en la temperatura provoca que los iones del conductor vibren con mayor amplitud, haciendo más probable que un electrón en movimiento colisione con un ion; dificultando el flujo de electrones.

Combinando las ecuaciones 3 y 4, podemos obtener la expresión de la resistencia dependiendo de la temperatura

$$R(t) = \rho_0 \frac{l [1 + \alpha(T - T_0)]}{A} \quad (5)$$

Considerando que  $l$  y  $A$  no se modifican para un material, podemos utilizar  $R_0 = \rho_0 l/A$ , quedando

$$R(t) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (6)$$

## 7.

*Ídem para materiales **semiconductores**.*

La resistividad de los semiconductores disminuye con el aumento de la temperatura. Los electrones son llevados a la banda de conducción mediante energía térmica, dejando agujeros en la banda de valencia.

La dependencia con la temperatura está dada por

$$R(T) = R_0 e^{\left( \beta \left[ \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right] \right)} \quad (7)$$

donde análogamente a lo visto en la sección 6,  $R_0$  y  $\beta$  son valores tomados a la temperatura de referencia  $T_0$ .

---

<sup>3</sup>Ver apéndice Resistencia 8.2

## 8. Apéndice

### 8.1. Radiación

Para los cálculos, se emplearon las siguientes funciones y constantes.  
Ley de Plank

$$R_{\lambda}(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{\epsilon}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (8)$$

Constante de Plank:  $h = 6,626 * 10^{-34} J_s$

Velocidad de la Luz:  $c = 2,998 * 10^8 \frac{m}{s}$

Constante de Boltzmann:  $k = 1,3807 * 10^{-23} \frac{J}{K}$

Emisividad:  $\epsilon \in [0, 1]$

Temperatura:  $[T] = K$

Longitud de Onda:  $[\lambda] = m$

### 8.2. Resistencia

Material	$\alpha [ (^{\circ}C)^{-1} ]$	Material	$\alpha [ (^{\circ}C)^{-1} ]$
Aluminio	0.0039	Plomo	0.0043
Latón	0.0020	Manganina	0.00000
Carbono (grafito)	-0.0005	Mercurio	0.00088
Constantán	0.00001	Nicromel	0.0004
Cobre	0.00393	Plata	0.0038
Hierro	0.0050	Tungsteno	0.0045

Figura 6: Coeficientes de temperatura de la resistividad

## Bibliografía

- [1] Sears, Zemansky. *Física Universitaria con Física Moderna Vol 2*. Addison-Wesley, 2009.
- [2] *The Fundamentals of Infrared Temperature Measurement*. [www.pyrometer.com](http://www.pyrometer.com)
- [3] *Selecting Non Contact Pyrometers and Infrared Thermometers*. [www.pyrometer.com](http://www.pyrometer.com)