

# ACTIVIDAD PRÁCTICA

## RADIACIÓN DE CUERPO NEGRO

Física Moderna — Ingeniería en Nanotecnología



### DATOS GENERALES

- **Duración:** 45 minutos
- **Modalidad:** Trabajo colaborativo en equipos de 3-4 estudiantes
- **Materiales:** Computadora/tablet con acceso a internet, calculadora, hoja de trabajo impresa

#### Objetivos

Al finalizar esta actividad, el estudiante será capaz de:

- Analizar experimentalmente la distribución espectral de la radiación de cuerpo negro a diferentes temperaturas
- Verificar las leyes de Wien y Stefan-Boltzmann utilizando datos de simulación
- Determinar la constante de Planck mediante análisis gráfico
- Comparar las predicciones de la física clásica con el modelo cuántico de Planck

### INTRODUCCIÓN

La simulación PhET “Radiación de Cuerpo Negro” permite explorar el comportamiento del espectro de emisión térmica a diferentes temperaturas. En esta actividad, utilizaremos este simulador para verificar las leyes fundamentales de la radiación térmica y analizar cómo la cuantización de la energía de Planck resolvió la “catástrofe ultravioleta” que predecía la física clásica.

**Instrucciones**

1. Formen equipos de 3-4 integrantes
2. Accedan al simulador PhET: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/blackbody-spectrum>
3. Completen cada una de las secciones siguientes, registrando sus observaciones y resultados
4. Discutan las preguntas de análisis en equipo
5. Preparen una breve presentación (2-3 minutos) con sus conclusiones principales

# 1. PARTE 1: VERIFICACIÓN DE LA LEY DE WIEN

## 1.1. Procedimiento:

1. En el simulador, muestra tanto el “Espectro de cuerpo negro” como la “Curva de Rayleigh-Jeans”
2. Para cada temperatura de la tabla, determina la longitud de onda ( $\lambda$ ) correspondiente al máximo de emisión
3. Registra también la intensidad máxima (valor pico) para cada temperatura

## 1.2. Tabla de datos:

Temperatura (K)	$\lambda$ máximo (nm)	Producto $\lambda \cdot T$ (nm·K)	Intensidad máxima (W/m <sup>2</sup> )
3000			
4000			
5000			
6000			
7000			

## 1.3. Análisis:

1. Calculen el producto  $\lambda \cdot T$  para cada temperatura
2. ¿Es este producto aproximadamente constante? ¿Cuál es su valor promedio?
3. Comparen su valor promedio con la constante de Wien teórica ( $b = 2,898 \times 10^{-3}$  m·K)
4. Calculen el porcentaje de error

### Preguntas de Análisis

#### Preguntas:

1. ¿Cómo cambia la posición del máximo del espectro al aumentar la temperatura?
2. ¿Qué implicaciones tiene esto para el color aparente de objetos a diferentes temperaturas?
3. ¿Podría utilizar esta ley para estimar la temperatura de una estrella basándose en su color? Explique.

# 2. PARTE 2: VERIFICACIÓN DE LA LEY DE STEFAN-BOLTZMANN

## 2.1. Procedimiento:

1. Mantengan habilitada la opción “Mostrar intensidad”

2. Para cada temperatura de la tabla, anoten la intensidad total ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) indicada en el simulador
3. Calculen el cociente entre la intensidad total y  $T^4$

## 2.2. Tabla de datos:

Temperatura (K)	Intensidad total ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Intensidad/ $T^4$ ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{K}^4$ )
3000		
4000		
5000		
6000		
7000		

## 2.3. Análisis:

1. ¿Es el cociente Intensidad/ $T^4$  aproximadamente constante?
2. Calculen el valor promedio de este cociente
3. Comparen su valor con la constante de Stefan-Boltzmann teórica ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$ )
4. Calculen el porcentaje de error

### Preguntas de Análisis

#### Preguntas:

1. Si la temperatura de un objeto se duplica, ¿en qué factor aumenta la intensidad total radiada?
2. ¿Por qué es tan importante la ley de Stefan-Boltzmann para aplicaciones como la termografía?
3. Un horno industrial opera a 1500 K. Si se incrementa su temperatura a 1800 K, ¿en qué porcentaje aumentará la energía radiada?

### 3. PARTE 3: LA CATÁSTROFE ULTRAVIOLETA

#### 3.1. Procedimiento:

1. Configurar la temperatura en 5000 K
2. Habilitar tanto la curva de cuerpo negro (Planck) como la curva de Rayleigh-Jeans
3. Observar ambas curvas, particularmente en la región de longitudes de onda cortas
4. Tomar varios puntos donde ambas curvas difieren significativamente

#### 3.2. Tabla de datos:

Longitud de onda (nm)	Intensidad Planck ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$ )	Intensidad Rayleigh-Jeans ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$ )
200		
400		
600		
1000		
2000		

#### 3.3. Análisis:

1. ¿En qué región del espectro las diferencias entre las predicciones clásica y cuántica son más significativas?
2. ¿Qué sucede con la curva de Rayleigh-Jeans a longitudes de onda muy cortas?
3. En la región de longitudes de onda largas, ¿convergen ambas curvas? ¿Por qué?

#### Preguntas de Análisis

##### Preguntas:

1. Explique, en términos de la hipótesis cuántica de Planck, por qué la intensidad real disminuye a altas frecuencias.
2. ¿Por qué se denomina “catástrofe ultravioleta” al problema de la predicción clásica?
3. ¿Qué implicaciones físicas tendría la predicción clásica si fuera correcta?

### 4. PARTE 4: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESPECTROS

#### 4.1. Procedimiento:

1. Configurar el simulador para mostrar simultáneamente espectros a diferentes temperaturas
2. Observar y registrar el espectro para las siguientes fuentes:

## 4.2. Análisis comparativo:

Fuente	Temperatura (K)	$\lambda$ máximo (nm)	Región espectral dominante	Apariencia visual
Temperatura ambiente	300			
Filamento de tungsteno	3000			
Sol	5800			
Estrella azul	12000			
Radiación cósmica de fondo	2.7			

## 4.3. Análisis:

1. ¿Qué porcentaje de la radiación a temperatura ambiente es visible para el ojo humano?
2. ¿Por qué no podemos “ver” el calor emitido por objetos a temperatura ambiente?
3. ¿Cómo se relaciona la temperatura de una estrella con su color?

### Preguntas de Análisis

#### Preguntas:

1. ¿Por qué la radiación cósmica de fondo tiene su máximo en la región de microondas?
2. Un objeto tiene su pico de emisión en aproximadamente 900 nm. ¿De qué color se vería y cuál sería su temperatura aproximada?
3. ¿Por qué el filamento de las bombillas incandescentes debe alcanzar temperaturas tan altas para ser eficiente?

## 5. PARTE 5: APLICACIONES TECNOLÓGICAS Y CIENTÍFICAS

### 5.1. Análisis de aplicaciones:

Para cada una de las siguientes aplicaciones, identifiquen qué aspecto de la radiación de cuerpo negro es relevante y cómo se utiliza:

#### 5.1.1. 1. Termografía infrarroja:

- Principio físico utilizado: \_\_\_\_\_
- Rango de temperaturas típico: \_\_\_\_\_
- Ventajas y limitaciones: \_\_\_\_\_

#### 5.1.2. 2. Determinación de la temperatura de estrellas:

- Método utilizado: \_\_\_\_\_
- Información adicional que se puede obtener: \_\_\_\_\_
- Limitaciones del método: \_\_\_\_\_

#### 5.1.3. 3. Diseño de hornos industriales y procesos térmicos:

- Consideraciones importantes basadas en la radiación térmica: \_\_\_\_\_
- Optimización energética: \_\_\_\_\_
- Aplicaciones en nanotecnología: \_\_\_\_\_

#### 5.1.4. 4. Radiación cósmica de fondo:

- Significado cosmológico: \_\_\_\_\_
- Temperatura actual y su significado: \_\_\_\_\_
- ¿Cómo se determinó que era radiación de cuerpo negro?: \_\_\_\_\_

## 6. PARTE 6: IMPLICACIONES CONCEPTUALES E HISTÓRICAS

### Reflexión

#### Reflexión:

Discutan en grupo y elaboren una respuesta consensuada para cada una de las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué la solución al problema del cuerpo negro marcó el inicio de la física cuántica?
2. ¿Qué tuvo que “sacrificar” Planck de la física clásica para resolver el problema de la radiación del cuerpo negro?
3. ¿Cómo afectó la hipótesis cuántica de Planck a la visión mecanicista del mundo que prevalecía en la física hasta ese momento?
4. ¿Qué otras teorías o descubrimientos fueron posibles gracias a la introducción del concepto de cuantización de la energía?

## CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Elaboren un resumen de los principales hallazgos y conclusiones de la actividad:

1. Valor experimental obtenido para la constante de Wien: \_\_\_\_\_
2. Valor experimental obtenido para la constante de Stefan-Boltzmann: \_\_\_\_\_
3. Principal diferencia entre la predicción clásica y la cuántica: \_\_\_\_\_
4. Aplicación más relevante de la radiación de cuerpo negro en el campo de la nanotecnología: \_\_\_\_\_
5. Reflexión final sobre la importancia histórica y conceptual del trabajo de Planck: \_\_\_\_\_



## ENTREGABLES

Al finalizar la actividad, cada equipo debe entregar:

1. Esta hoja de trabajo completada con todos los datos y respuestas
2. Gráficas elaboradas (pueden ser hechas a mano o en computadora)
3. Un breve informe con sus conclusiones (máximo una página)

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterio	Puntuación máxima
Recolección precisa de datos	20 puntos
Cálculos y análisis correctos	25 puntos
Gráficas bien elaboradas	15 puntos
Respuestas a preguntas de análisis	25 puntos
Conclusiones y reflexiones	15 puntos
<b>Total</b>	<b>100 puntos</b>

## RECURSOS DE APOYO

- Simulador PhET: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/blackbody-spectrum>
- Constante de Wien:  $b = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$
- Constante de Stefan-Boltzmann:  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
- Constante de Planck:  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- Constante de Boltzmann:  $k = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
- Velocidad de la luz:  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$