Segunda Prueba Física Contemporánea

Victor H. Cardenas

15 de Junio de 2020

Instrucciones: La prueba es personal. Consta de 100 puntos repartidos como se muestra. Un puntaje de 60 equivale a nota 4,0. Dispone de 5 horas para responder y enviar las respuestas via correo electrónico al profesor: victor.cardenas@uv.cl Posterior a la entrega de la prueba escrita, se realizará la parte oral (en una fecha por determinar), donde ustedes defenderán frente al profesor lo que respondieron. El promedio de ambas partes será la nota final.

Problema 1

(25 ptos.)

a) (5 ptos.) Escriba las transformadas de Lorentz que relacionan un sistema inercial S' que se mueve respecto a otro sistema inercial S con velocidad relativa $\vec{V} = (v_0, 2v_0, 3v_0)$.

b) (5 ptos.) Suponga que en S ocurren dos eventos (con coordenadas en el formato (ct, x, y, z)); $A = (2a, a, 0, -a)$ y $B = (3a/2, 2a, a, a)$. Encuentre la *distancia* espacio-temporal entre los eventos A y B (es decir la cantidad $\Delta s^2 = c^2\Delta t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2$) tanto en S como en S'

c) (5 ptos.) Basado en el caso anterior, encuentre el valor de v_0 para que los eventos sean simultáneos en S'

d) (10 ptos.) Una regla de longitud en reposo L en S forma un ángulo θ con el eje x. Para el valor de v_0 encontrado en (c) calcule en ángulo que forma con los tres ejes en el sistema S' y calcule la longitud medida en S'.

Problema 2

(30 ptos.)

Una carga Q en reposo en el origen del sistema inercial S', genera un campo eléctrico cuyas componentes son

$$E'_x = k_e \frac{Qx'}{r^3}, \qquad E'_y = k_e \frac{Qy'}{r^3}, \qquad E'_z = k_e \frac{Qz'}{r^3},$$

donde $r^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$. Calcule los campos eléctricos y magnéticos medidos por un observador en el sistema S si S' se mueve respecto a S con $\vec{V} = v_0\hat{j}$.

Problema 3

(20 ptos.)

a) (10 ptos.) Considere la colisión entre un fotón de energía hf y un electrón en reposo. Derive la fórmula que exprese el cambio en longitud de onda, despreciando el retroceso del electrón, como función del ángulo de desviación θ del fotón.

b) (10 ptos.) Considere el mismo proceso, pero ahora considerando que el electrón originalmente en reposo retrocede en un ángulo α. Calcule la relación entre α, θ y hf.

Problema 4

(25 ptos.)

Considere un gran número de osciladores monocromáticos, N de frecuencia f, N' de frecuencia f', y asi sucesivamente. Supongamos además que la energía total del sistema E_T se divide en ondas electromagnéticas estacionarias y energía vibracional de los osciladores en las paredes. Queremos saber cómo se distribuye esta energía entre los osciladores y sobre la radiación y a que temperatura.

a) (10 ptos.) Asignemos primero energías a cada oscilador. E a los N osciladores con frecuencia f, E' a los N' con frecuencia f', etc. La suma $E_0 = E' + E'' + E''' + ...$ debe ser menor que E_T. Asumiendo que la energía E se compone de un número P de pequeños cuantos de energía, calcule el número de formas de distribuir estos P cuantos en N osciladores.

b) (10 ptos.) Usando el resultado anterior, y la fórmula de Boltzmann para la entropía $S = k_B \ln W$, donde W es la cantidad calculada en (a), muestre que la entropía se parece en forma a la obtenida por Planck

$$S = k_B N \left((1 + U/hf) \ln(1 + U/hf) - (U/hf) \ln(U/hf) \right)$$

c) (5 ptos.) Con lo obtenido en (b) derive la fórmula de Planck