

**ELECTROMAGNETISMO**

---

E1. Prueba usando la ley de Gauss que:

- a. [1 punto] El exceso de carga en un conductor está en su superficie.
- b. [1 punto] Un conductor hueco cerrado aísla su interior de campos eléctricos debidos a cargas externas, pero no aísla su superficie.

E2. [2 puntos] Encuentra la fuerza que siente un electrón con velocidad inicial arbitraria al cruzar dos placas planas paralelas infinitas que están a un potencial constante  $V$ , separadas una distancia  $L$ .

- a. [1 punto] ¿Qué trayectoria describe el electrón?
- b. [1 punto] ¿En qué difiere el resultado si consideras un protón?

E3. [2 puntos] Determina las líneas de campo eléctrico de un anillo de radio  $R$  formado por un alambre conductor de espesor  $\lambda$  y carga  $Q$ .

- a. [1 punto] ¿Qué le pasaría a un haz de electrones al cruzar dicho anillo por la línea central del mismo?
- b. [1 punto] ¿Qué observaría un electrón al viajar muy lejos del anillo sin cruzarlo?

**TERMODINÁMICA**

---

- T1. [5 puntos] Un cristal de volumen  $V_1$  y temperatura  $T_1$  se calienta hasta que alcance la temperatura  $T_2$ , a presión atmosférica  $P$ . Se supone que el coeficiente de expansión volumétrica a presión constante, definido como

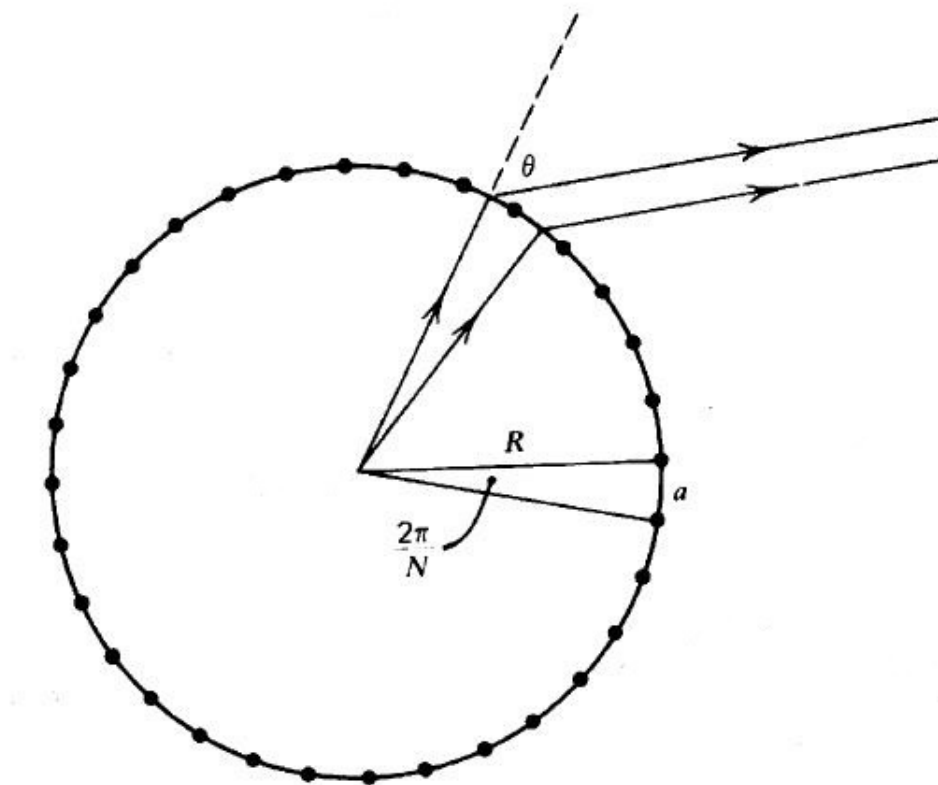
$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P, \quad (1)$$

se mantiene constante durante el proceso.

- a) [2 puntos] Calcula el nuevo volumen del cristal en función de  $V_1$ ,  $\alpha$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ .
  - b) [1 punto] Determina el trabajo recibido por el cristal y discutir su signo.
  - b) [2 puntos] Calcula el cambio de energía interna del cristal, suponiendo una capacidad calorífica  $C_p$  que se mantiene constante.
- T2. [5 puntos] Un gas ideal se encuentra encerrado en un recipiente rígido y dividido por un pistón en dos partes de volumen  $V_1 = V_2 = V/2$ . En todo momento el número partículas es constante de cada lado,  $N_1 = N_2 = N/2$ , y el gas se mantiene a temperatura  $T$  con un termostato. Un operador mueve lentamente el pistón (sin fricción) hasta alcanzar  $V_1 = V/4$ .
- a) [2 puntos] Determina las nuevas presiones  $P_1$  y  $P_2$ . Se podrán expresar en función de la presión inicial  $P$ .
  - a) [2 puntos] Calcula el trabajo recibido por el subsistema 1.
  - a) [1 punto] ¿Cuál es el cambio de energía interna del subsistema 1?

## MECÁNICA CUÁNTICA

- C1.A [2 puntos] Considera una “jaula” cilíndrica de radio  $R$  con  $N$  barras delgadas separadas a una distancia  $a$ , como se indica en la figura. Un cable en el centro emite electrones radialmente y de forma perpendicular al cable, con longitud de onda  $\lambda$ . Suponiendo que  $N$  es muy grande (con lo cual el arco de longitud  $a$  entre las barras se puede aproximar como recto y como emisor puntual), y que el haz se dispersa un ángulo  $\theta$  (ver figura), ¿cuál es la condición de interferencia positiva de emisores contiguos, dados  $a$ ,  $\theta$  y  $\lambda$ ?



- C1.B [1 punto] Según la relación de De Broglie, ¿cuál es el momento asociado a esa  $\lambda$ ?
- C1.C [1 punto] Cada electrón tiene componente transversal de momento  $p \sin(\theta)$ . ¿Qué momento transversal transfirió a la jaula, al dispersarse?
- C1.D [1 punto] Si el ancho en la medida de  $p$  es proporcional a  $p$  y el ancho en la medida de  $\lambda$  es proporcional a  $\lambda$ , explica por qué estos anchos no pueden ser reducidos simultáneamente (considera el caso  $\theta = \pi/2$ ).

La sección de Mecánica Cuántica continúa en la siguiente página.

- C2.A [1 punto] Un estado al tiempo  $t = 0$ ,  $\Psi(x, 0)$ , consta de dos eigenfunciones de la energía:  $\Psi(x, 0) = \sqrt{\frac{2}{3}}u_{E1}(x) + \sqrt{\frac{1}{3}}u_{E2}(x)$ , con energías respectivas  $E_1$ ,  $E_2$ . ¿Cuál es la dependencia en el tiempo de  $\Psi(x, t)$ ?
- C2.B [1 punto] Si se integra la densidad de probabilidad  $\Psi^*(x, t)\Psi(x, t)$  sobre el espacio de Hilbert, ¿persiste una dependencia del tiempo? Explica.
- C2.C [1 punto] ¿Cuál es el valor esperado de la energía?
- C2.D [1 punto] Si se mide la energía del sistema descrito por  $\Psi(x, t)$ , según la mecánica cuántica, ¿cuál será el estado final del sistema?
- C2.E [1 punto] ¿Cuál es la probabilidad de que el sistema  $\Psi(x, 0)$  termine en el estado  $u_{E1}(x)$ , si se mide la energía?

**FÍSICA MODERNA (PARA MAESTRÍA EN FÍSICA)**

---

- FF1. **[2 puntos]** ¿A qué velocidad se mueve un reloj si corre a un ritmo que es la mitad del ritmo al cual corre en reposo?
- FF2. **[3 puntos]** Un observador en la Tierra observa las naves espaciales A y B moviéndose en la misma dirección hacia la Tierra. De acuerdo con dicho observador, la nave espacial A tiene una velocidad de  $0.5c$  y la nave espacial B tiene una velocidad de  $0.8c$ . Determina la velocidad de la nave espacial A medida por un observador en la nave espacial B.
- FF3. **[5 puntos]** Un electrón  $e^-$  con energía cinética de 1.000 MeV choca frontalmente con un positrón  $e^+$  en reposo. Un positrón es una partícula de antimateria que tiene la misma masa que el electrón ( $m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$ ) pero carga opuesta. En la colisión, las dos partículas se aniquilan entre ellas y son reemplazadas por dos fotones (masa cero) de igual energía, cada uno viajando a ángulos  $\theta$  respecto a la dirección de movimiento del electrón incidente. La reacción es:  $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$ . Determine la energía, el momento y el ángulo de emisión  $\theta$  de cada fotón.

**FÍSICA MODERNA (PARA MAESTRÍA EN FÍSICA MÉDICA)**

---

FM1. [5 pts] Un átomo tiene seis electrones en su nivel  $3d$ . Responde las siguientes preguntas, y justifica tus respuestas.

- (a) Escribe la configuración de estados cuánticos permisibles (funciones de estado) para esos electrones. Incluye en la configuración el momento de espín ( $m_s$ ).
- (b) ¿Cuál es el máximo  $m_l$  total posible para los seis electrones y el  $m_s$  total en dicha configuración?
- (c) ¿Cuál es el máximo  $m_l$  total posible para los electrones y el  $m_s$  total en dicha configuración si ahora consideras que solo hay cinco electrones en el nivel  $3d$ ?
- (d) ¿Cuál es el máximo  $m_s$  total posible para los seis electrones y el  $m_l$  total en dicha configuración?
- (e) ¿Cuál es el máximo  $m_s$  total posible para los electrones y el  $m_l$  total en dicha configuración si ahora consideras que solo hay cinco electrones en el nivel  $3d$ ?

FM2. [5 pts] Considera que la vida media del  $^{198}\text{Au}$  es de 2.7 días.

- (a) ¿Cuál es la constante de decaimiento del  $^{198}\text{Au}$ ? Determina la vida promedio de estos núcleos. ¿Cuál es la probabilidad de que cualquier núcleo de  $^{198}\text{Au}$  decaiga en un segundo?
- (b) Supón que tienes una muestra de  $1.0\ \mu\text{g}$  de  $^{198}\text{Au}$ . Calcula su actividad.
- (c) ¿Cuántos decaimientos ocurrieron después de una semana?

## MECÁNICA CLÁSICA

---

- M1. Considera la fuerza  $\mathbf{F} = -K(x - z)^2(\mathbf{i} - \mathbf{k})$ , donde  $K$  es constante.
- a) [**2 puntos**] Demuestra que la fuerza es conservativa.
  - b) [**2 puntos**] Encuentra la energía potencial  $V(\mathbf{r})$  asumiendo  $V(\mathbf{0}) = 0$ .
  - c) [**1 punto**] Calcula  $\nabla V(\mathbf{r})$ .
- M2. Una partícula de masa  $m$  se desliza hacia abajo sobre un plano inclinado a un ángulo  $\theta$ , bajo la influencia de la gravedad. Supón que al movimiento se opone una fuerza  $F = kmv^2$ .
- a) [**2 puntos**] Encuentra la ecuación de movimiento de la partícula.
  - b) [**3 puntos**] Encuentra el tiempo que emplea para que se desplace una distancia  $l$  partiendo desde el reposo.