

**Facultad de Ciencias**  
**Carrera de Física**

Examen de Media Carrera  
6 de junio de 2019

**INDICACIONES:** El examen está constituido por tres secciones. La primera sección contiene 40 preguntas de opción múltiple. En esta sección cada pregunta correcta tiene un valor de 1 punto, cada pregunta incorrecta es penalizada con -0.5 puntos y cada pregunta no contestada vale 0 puntos. La segunda sección corresponde a una lectura comprensiva, de la cual es necesario extraer la tres ideas principales, que está valorada en 10 puntos. Y la última sección corresponde a 5 ejercicios valorados cada uno de ellos en 10 puntos. Lea con atención cada pregunta.

**Materiales: esfero, lapiz, borrador y calculadora no programable.**

- Una caja de 10 kg se desliza horizontalmente sin fricción a una velocidad de 1 m/s. En un punto, una fuerza constante es aplicada sobre la caja en la dirección del movimiento. La caja recorre 5 m bajo la acción de esta fuerza constante, y, tras cesar la fuerza, la caja se mueve a una velocidad de 2 m/s. ¿Cuál fue el valor de la magnitud de la fuerza aplicada?
  - 1 N
  - 2 N
  - 5 N
  - 3 N
  - 4 N
- Dos satélites idénticos, A y B, orbitan circularmente la Tierra. El radio orbital de A es dos veces el de B. ¿Cuál de las siguientes respuestas da el valor correcto del cociente entre el momento angular de A y el momento angular de B?
  - 4
  - $\sqrt{2}$
  - 1/2
  - 2
  - $1/\sqrt{2}$
- Consideren dos sistemas idénticos, 1 y 2, consistiendo cada uno de ellos de un planeta en una órbita circular alrededor de una estrella mucho más pesada. Para el sistema 1 el radio de la órbita es  $a$ , mientras que para el sistema 2 el radio es  $4a$ . Si  $T_1$  y  $T_2$  son, respectivamente, el periodo del sistema 1 y el periodo del sistema 2, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
  - $T_1 = T_2/8$
  - $T_1 = T_2/2$
  - $T_1 = T_2/16$
  - $T_1 = T_2/4$
  - $T_1 = T_2$
- Un disco sólido homogéneo cae desde el reposo y rueda hacia abajo por un plano inclinado sin deslizar. Al cabo de un tiempo, ¿qué fracción de la energía cinética total del disco es energía cinética rotacional?
  - 3/4
  - 2/3
  - 1/2
  - 1/3
  - 1/4
- Dos péndulos simples A y B consisten de dos masas idénticas suspendidas por cuerdas de longitud  $L_A$  y  $L_B$  respectivamente. Los dos péndulos oscilan en campos gravitatorios idénticos. Si el periodo del péndulo B es dos veces el periodo del péndulo A, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
  - $L_B = L_A/2$
  - $L_B = 2L_A$
  - $L_B = L_A/4$
  - $L_B = L_A$
  - $L_B = 4L_A$
- Sea una colisión elástica entre dos cuerpos. Entonces, por definición, se cumple que
  - el cambio, antes y después del choque, de las energías cinética y potencial del sistema formado por los dos cuerpos es cero, y las velocidades de cada cuerpo, antes y después del choque, son las mismas.
  - el cambio, antes y después del choque, de la energía cinética (pero no de energía potencial) del sistema formado por los dos cuerpos es cero.
  - el cambio, antes y después del choque, de las energías cinética y potencial del sistema formado por los dos cuerpos es cero.

D) el cambio, antes y después del choque, de las energías cinética y potencial del sistema formado por los dos cuerpos es cero, y el módulo de las velocidades de cada cuerpo, antes y después del choque, son las mismas.

7. Una partícula se mueve siguiendo una órbita elíptica bajo un campo de fuerza central que sigue la ley del inverso al cuadrado con la distancia. Si la fracción entre la velocidad angular máxima y la velocidad angular mínima de la partícula en su órbita es  $n$ , la excentricidad de la órbita es:

- A)  $\epsilon = \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{n+2}}$
- B)  $\epsilon = \frac{\sqrt{n}-2}{\sqrt{n+2}}$
- C)  $\epsilon = \frac{\sqrt{n}-1}{\sqrt{n+1}}$
- D)  $\epsilon = \frac{\sqrt{n-1}}{\sqrt{n+1}}$

8. ¿Cuál es el valor mínimo de la función  $f(x) = x \ln x$  en el intervalo  $[-1 : 1]$ ?

- A)  $f(x)$  no tiene mínimo.
- B)  $1/e$
- C)  $-e$
- D)  $-1$

respuesta: B

9. Si  $dy/dx = x^2y$ , entonces  $y(x)$  podría ser:

- A)  $x^3/3 + 1$
- B)  $\exp(x^3/3) + 7$
- C)  $3\exp(x^2)$
- D)  $3\ln(x/3)$

10. Una fuerza neta  $F_A$  actúa sobre un objeto  $A$ , y una fuerza neta  $F_B$  actúa sobre un objeto  $B$ . La masa del objeto  $B$  es dos veces la masa del objeto  $A$ , y la aceleración del objeto  $B$  es dos veces la del  $A$ . ¿Cuál de las siguientes relaciones entre las fuerzas  $F_A$  y  $F_B$  es correcta?

- A)  $F_B = F_A/2$
- B)  $F_B = 4F_A$
- C)  $F_B = F_A/4$
- D)  $F_B = F_A$
- E)  $F_B = 2F_A$

11. Dos estudiantes realizan un experimento en el cual dejan caer una bola (partiendo del reposo) desde una altura conocida y miden la velocidad de la bola justo antes de chocar contra el suelo. Tras repetir varias veces el experimento, los estudiantes estiman que el error en la medición de la velocidad de la bola es del 10%. Asumiendo que el error en la masa de la bola es negligible, ¿cuál será el error en la estimación de la energía cinética de la bola?

- A) 15%
- B) 40%
- C) 5%
- D) 10%
- E) 20%

12. Una partícula decae en 2 microsegundos en el sistema de referencia en el que ésta se encuentra en reposo. Si la misma partícula se mueve a  $0.6c$  en el sistema de referencia de laboratorio, ¿qué distancia recorrerá la partícula en el sistema de laboratorio antes de decaer?

- A) 150m
- B) 750m
- C) 450m
- D) 288m
- E) 360m

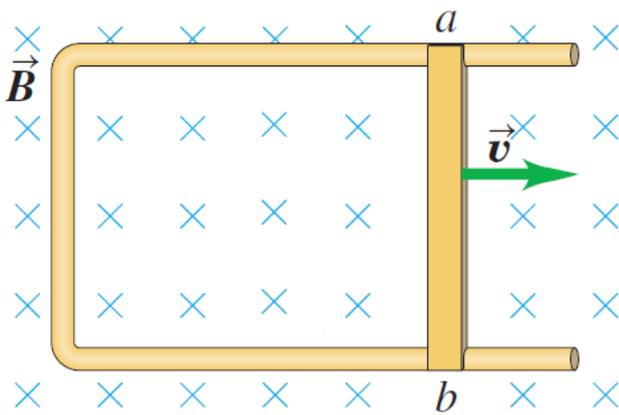
13. Una varilla mide 1 m en el sistema en la que se encuentra en reposo. ¿A qué velocidad tiene que moverse paralelamente a la varilla un observador para que éste mida una longitud de la varilla igual a 0.8 m?

- A) 0.6c
- B) 0.9c
- C) 0.5c
- D) 0.8c
- E) 0.7c

14. Dos conductores  $A$  y  $B$  tienen la misma resistencia. Las longitudes de los conductores se relacionan mediante la ecuación  $L_B = 2L_A$ , y los diámetros mediante  $D_B = 2D_A$ . Las resistividades están relacionadas por:

- A)  $\rho_A = 2\rho_B$
- B)  $\rho_A = 4\rho_B$
- C)  $\rho_A = \rho_B/2$
- D)  $\rho_A = \rho_B$

15. Una espira conductora se encuentra en un campo magnético uniforme dirigido hacia la pantalla en todo el espacio como se muestra en la figura. El lado  $ab$  puede moverse libremente sin que se pierda el contacto de la espira. ¿Cuál es la dirección de la corriente inducida en la espira?



- A) No existe corriente porque se sabe que el campo magnético no genera trabajo sobre las cargas.
- B) Horario
- C) Antihorario
- D) No existe corriente porque no está instalada ninguna fuente de voltaje en el circuito.

16. Una bobina de  $N$  vueltas, cada una con un radio  $r$ , está rotando a velocidad angular constante  $\omega$  en presencia de un campo magnético uniforme  $B$  en la dirección de  $x$  negativa. Asuma que al tiempo  $t = 0$  s la normal del plano de la bobina está a lo largo del eje  $y$  positivo; y que la auto inductancia de la bobina puede ser despreciada. Si la resistencia de la bobina es  $R$ , ¿Cuál es la magnitud de la corriente inducida?

- A)  $I = \frac{N\omega B\pi r^2}{R} \cos(\omega t)$
- B)  $I = \frac{\omega B\pi r^2}{R} \sin(\omega t)$
- C)  $I = \frac{N\omega B\pi r^2}{R} \sin(\omega t)$
- D)  $I = \frac{N\omega B}{\pi r^2 R} \sin(\omega t)$
- E) ninguna

17. Una partícula con carga  $+q$  cuya velocidad es  $\vec{V}(0,0,-V_0)$ , ingresa en un campo eléctrico  $\vec{E}(0,E_0,0)$ . ¿Cuál debe ser el campo magnético para que dicha partícula no cambie su trayectoria rectilínea?

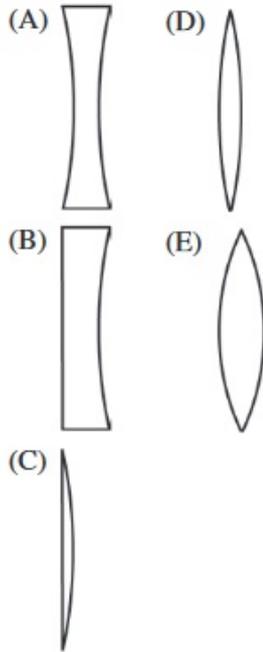
- A)  $\vec{B}(0,0,E_0/V_0)$
- B)  $\vec{B}(-E_0/V_0,0,0)$
- C)  $\vec{B}(0,E_0/V_0,0)$
- D)  $\vec{B}(E_0/V_0,0,0)$

18. Dos cascarones esféricos no conductores de espesor muy delgado y radio  $d$  tienen una carga  $Q$  positiva distribuida uniformemente sobre su superficie. Las esferas están separadas una distancia  $10d$ , medida de centro a centro. Una carga puntual  $q$  positiva se coloca dentro de uno de los cascarones esféricos a una distancia  $d/2$  desde el centro, en la línea que conecta los centros de las esferas. ¿Cuál es la fuerza neta sobre la carga  $q$ ?

- A)  $\frac{1}{361\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{d^2}$
- B)  $\frac{1}{441\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{d^2}$
- C)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{d^2}$

D)  $\frac{1}{400\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{d^2}$

19. Si las cinco lentes que se muestran a continuación están hechas del mismo material, ¿qué lente tiene la distancia focal positiva más corta?



20. Una luz no polarizada incide en un par de polarizadores lineales ideales cuyos ejes de transmisión forman un ángulo de  $45^\circ$  entre sí. ¿Cuál es el porcentaje de la intensidad de la luz transmitida a través de ambos polarizadores?

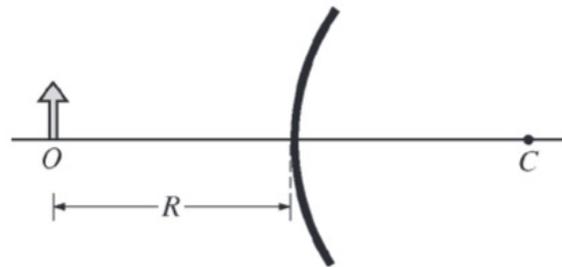
- A) 100%  
 B) 75%  
 C) 50%  
 D) 25%  
 E) 0%

21. Durante un huracán, suena una sirena de advertencia de  $1200\text{Hz}$  en el ayuntamiento. El viento sopla a  $55\text{m/s}$  en dirección de la sirena hacia una persona a  $1\text{km}$  de distancia. ¿Con qué frecuencia llega la onda de sonido a la persona? (La velocidad del sonido en el aire es de  $330\text{m/s}$ .)

- A)  $1000\text{Hz}$   
 B)  $1030\text{Hz}$

- C)  $1200\text{Hz}$   
 D)  $1400\text{Hz}$   
 E)  $1440\text{Hz}$

22. La figura siguiente muestra un objeto en O, colocado a una distancia R a la izquierda de un espejo esférico convexo que tiene un radio de curvatura R. El punto C es el centro de curvatura del espejo. La imagen formada por el espejo está:



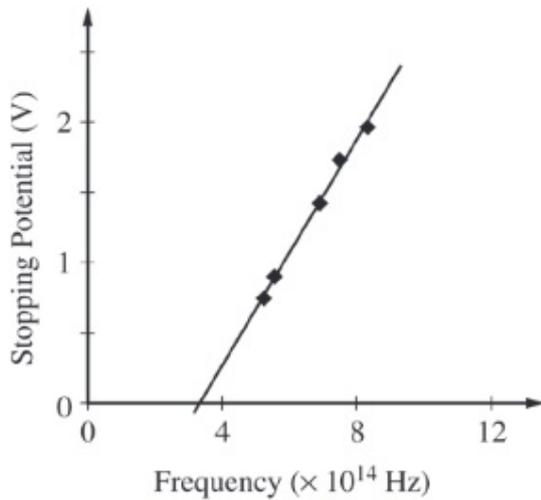
- A) al infinito  
 B) a una distancia R a la izquierda del espejo e invertida  
 C) a una distancia R a la derecha del espejo y vertical  
 D) a una distancia  $3R$  a la izquierda del espejo e invertida  
 E) a una distancia de  $3R$  a la derecha del espejo y vertical

23. Una película delgada y uniforme de agua jabonosa con índice de refracción  $n = 1.33$  se ve en el aire por la luz reflejada. La película aparece oscura para longitudes de onda largas y la primera vez que aparece brillante es para  $\lambda = 540\text{nm}$ . ¿Cuál es la siguiente longitud de onda más corta en la cual la película aparecerá brillante por la reflexión?

- A)  $135\text{nm}$   
 B)  $180\text{nm}$   
 C)  $270\text{nm}$   
 D)  $320\text{nm}$

E)  $405\text{nm}$

24. En una observación experimental del efecto fotoeléctrico, se representó el potencial de parada frente a la frecuencia de la luz, como se muestra en la figura siguiente. La mejor línea recta fue ajustada a los puntos experimentales. ¿Cuál de los siguientes da la pendiente de la línea? (La función de trabajo del metal es  $\phi$ .)



- A)  $\frac{h}{\phi}$   
B)  $\frac{h}{e}$   
C)  $\frac{e}{h}$   
D)  $\frac{e}{\phi}$   
E)  $\frac{\phi}{e}$
25. Considere un átomo a 1 electrón con momento orbital angular  $L = \sqrt{2}\hbar$ . ¿Cuál de los siguientes proporciona los valores posibles de una medición de  $L_z$ , el componente z de L?
- A) 0  
B)  $0, \hbar$   
C)  $0, \hbar, 2\hbar$   
D)  $-\hbar, 0, \hbar$   
E)  $-2\hbar, -\hbar, 0, \hbar, 2\hbar$
26. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre bosones y / o fermiones es cierta?

- A) Los bosones tienen funciones de onda simétricas y obedecen el principio de exclusión de Pauli.  
B) Los bosones tienen funciones de onda antisimétricas y no obedecen el principio de exclusión de Pauli.  
C) Los fermiones tienen funciones de onda simétricas y obedecen el principio de exclusión de Pauli.  
D) Los fermiones tienen funciones de onda antisimétricas y obedecen el principio de exclusión de Pauli.  
E) Los bosones y fermiones obedecen al principio de exclusión de Pauli.

27. ¿Por cuál de las siguientes constantes de Broglie planteó la hipótesis de que el momento lineal y la longitud de onda de una partícula masiva libre están relacionados?

- A) La constante de Planck  
B) La constante de Boltzmann  
C) La constante de Rydberg  
D) La velocidad de la luz  
E) El número de Avogadro

28. Un átomo ha llenado sus niveles  $n = 1$  y  $n = 2$ . ¿Cuántos electrones tiene el átomo?

- A) 2  
B) 4  
C) 6  
D) 8  
E) 10

29. Un oscilador armónico de mecánica cuántica tiene una frecuencia angular  $\omega$ . La ecuación de Schrödinger predice que la energía del estado fundamental del oscilador será

- A)  $-0.5\hbar\omega$   
B) 0  
C)  $0.5\hbar\omega$

- D)  $\hbar\omega$
- E)  $-1.5\hbar\omega$
30. En el modelo de Bohr del átomo de hidrógeno, ¿cuál de los siguientes indica el momento lineal del electrón en el radio  $r_n$ ? (n es el número cuántico principal).
- A)  $n\hbar$
- B)  $nr_n\hbar$
- C)  $\frac{n\hbar}{r_n}$
- D)  $n^2r_n\hbar$
- E)  $\frac{n^2\hbar}{r_n}$
31. La superficie del Sol tiene una temperatura cercana a 6000 K y emite un espectro de cuerpo negro (Planck) que alcanza un máximo de cerca de 500 nm. Para un cuerpo con una temperatura superficial cercana a los 300 K, ¿a qué longitud de onda alcanzaría un máximo el espectro térmico?
- A)  $10\mu m$
- B)  $100\mu m$
- C)  $10mm$
- D)  $100nm$
- E)  $10m$
32. La velocidad cuadrática media de las moléculas de masa m en un gas ideal a temperatura T es
- A) 0
- B)  $\sqrt{\frac{2kT}{m}}$
- C)  $\sqrt{\frac{3kT}{m}}$
- D)  $\sqrt{\frac{8kT}{m}}$
- E)  $\frac{kT}{m}$
33. Un fluido incompresible de densidad r fluye a través de una tubería horizontal de radio r y luego pasa a través de una constricción de radio  $r/2$ . Si el fluido tiene una presión de  $P_0$  y una velocidad  $v_0$  antes de la constricción, la presión en la constricción es
- A)  $P_0 - \frac{15}{2}\rho v_0^2$
- B)  $P_0 - \frac{3}{2}\rho v_0^2$
- C)  $\frac{P_0}{4}$
- D)  $P_0 + \frac{3}{2}\rho v_0^2$
- E)  $P_0 + \frac{15}{2}\rho v_0^2$
34. Un sistema termodinámico, inicialmente a temperatura absoluta  $T_1$ , contiene una masa m de agua con capacidad calorífica específica c. Se agrega calor hasta que la temperatura sube a  $T_2$ . El cambio en la entropía del agua es
- A) 0
- B)  $T_2 - T_1$
- C)  $mc.T_2$
- D)  $mc.(T_2 - T_1)$
- E)  $mc.\ln(T_2/T_1)$
35. El calor Q se agrega a un gas ideal monoatómico en condiciones de volumen constante, lo que resulta en un cambio de temperatura  $\Delta T$ . ¿Cuánto calor se requerirá para producir el mismo cambio de temperatura, si se agrega bajo condiciones de presión constante?
- A)  $\frac{3}{5}Q$
- B) Q
- C)  $\frac{5}{3}Q$
- D) 2Q
- E)  $\frac{10}{3}Q$
36. Una bomba de calor sirve a extraer calor de un ambiente exterior a  $7^\circ C$  y calentar el ambiente en interiores a  $27^\circ C$ . Por cada 15000J de calor entregado en interiores, la cantidad más pequeña de trabajo que se debe suministrar a la bomba de calor es aproximadamente
- A) 500J
- B) 1000J
- C) 1100J

D) 2000J

E) 2200J

37. Una partícula puede ocupar dos estados posibles con las energías  $E_1$  y  $E_2$ , donde  $E_2 > E_1$ . A la temperatura  $T$ , ¿cuál es la probabilidad de encontrar la partícula en el estado 2?

A)  $\frac{e^{-E_1/kT}}{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}}$

B)  $\frac{e^{-E_2/kT}}{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}}$

C)  $\frac{e^{-(E_1+E_2)/kT}}{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}}$

D)  $\frac{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}}{e^{-E_2/kT}}$

E)  $\frac{e^{-E_1/kT} + e^{-E_2/kT}}{e^{-E_1/kT}}$

38. Considere 1 mol de un gas real que obedece a la ecuación de estado de Van der Waals siguiente:  $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ . Si el gas experimenta una expansión isotérmica a la temperatura  $T_0$  desde el volumen  $V_1$  al volumen  $V_2$ , ¿cuál es el trabajo realizado por el gas?

A) 0

B)  $R \cdot T_0 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

C)  $R \cdot T_0 \cdot \ln\left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right)$

D)  $R \cdot T_0 \cdot \ln\left(\frac{V_2 - b}{V_1 - b}\right) + a \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1}\right)$

E)  $R \cdot T_0 \cdot \left(\frac{1}{(V_2 - b)^2} - \frac{1}{(V_1 - b)^2}\right) + a \left(\frac{1}{V_2^3} - \frac{1}{V_1^3}\right)$

**Extraiga las tres ideas principales del texto siguiente y descríbalas con sus propias palabras:**

Por qué costó 23 años que se aceptara la teoría del electromagnetismo de Maxwell.

En 1865, cuando la Guerra Civil Americana estaba acabando, Maxwell publicó "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field" en las Transactions de la Royal Society, Vol. CLV, un artículo que había presentado oralmente en diciembre de 1864. En su artículo afirmaba que "la luz y el magnetismo son resultado de la misma sustancia, y que la luz es una perturbación electromagnética que se propaga de acuerdo con las leyes del electromagnetismo." Obtuvo este resultado tras comparar varios valores que medían la velocidad de la luz, en concreto 314.858.000 m/s (M. Fizeau), 298.000.000 m/s (M. Foucault) y 308.000.000 m/s (por aberración estelar), con el resultado de sus cálculos teóricos.

Maxwell resolvió uno de los problemas más difíciles de la física, la naturaleza de la luz. Pero su descubrimiento necesitó 23 años para ser aceptado. ¿Por qué? Uno de los problemas de la teoría de Maxwell es que no ofrecía ningún modelo mecánico del "éter luminífero," el medio en el que "supuestamente" se propagaban las ondas de luz, que eran transversales, sin vibración longitudinal. ¿Qué medio mecánico podía sostener este tipo de vibraciones? ¿Qué es lo que "realmente" modelaban las 20 ecuaciones diferenciales de Maxwell? Recuerda que la notación actual (4 ecuaciones vectoriales) es muy posterior a Maxwell, quien escribió sus ecuaciones componente a componente y en su versión "breve" basada en los cuaterniones de Hamilton.

Un físico actual encontraría dificultades a la hora de reconocer las 20 ecuaciones de Maxwell para el electromagnetismo. Para Maxwell, la magnitud fundamental era el "momento electromagnético" (cuya derivada en tiempo genera una fuerza) ya que trataba de formalizar el concepto de "estado electrotónico" de Faraday, por lo que introdujo el potencial vector magnético, al que bautizó con la letra A, como magnitud fundamental, siendo el campo magnético, letra B, una

magnitud "secundaria".

Maxwell murió en 1879 siendo famoso por sus contribuciones en termodinámica estadística (teoría molecular en la época) pero con muy poco reconocimiento por su teoría electromagnética. De hecho, él mismo no supo "vender" la gran importancia de dicha teoría (cuyas ecuaciones matemáticas eran extremadamente difíciles para la época).

El gran genio que revolucionó el electromagnetismo fue Oliver Heaviside. Un genio matemático en toda regla, que nunca fue a la universidad, y aprendió ciencia y matemáticas de forma autodidacta (leyendo libros de la biblioteca). Heaviside reescribió las ecuaciones de Maxwell en su forma moderna. Heaviside se "enamoró" del tratado de Maxwell cuando cayó en sus manos "calentito" de la imprenta, en 1873. En esa época Heaviside trabajaba como telegrafista. Uno de sus primeras grandes contribuciones fue derivar la ecuación del telegrafista (la que modela la propagación de señales eléctricas en cables) a partir de la teoría de Maxwell.

En el verano de 1884, Heaviside empezó a estudiar el flujo de energía en el campo electromagnético de Maxwell. Su demostración era muy complicada, pero el resultado extremadamente simple  $S = E \times H$  (aunque este resultado fue publicado por Poynting, en Birmingham, unos meses antes). En manos de Heaviside este resultado era muy importante ya que indicaba que la energía electromagnética se propagaba a velocidad finita evitando la "acción a distancia" que muchos repudiaban en la teoría de Maxwell. Trabajando con el concepto de energía en el campo, Heaviside encontró una nueva manera de expresar las ecuaciones de Maxwell, en solo 4 ecuaciones diferenciales para la divergencia y el rotacional de cuatro campos E, H, D y B. Los potenciales escalar (eléctrico) y vectorial (magnético) fueron relegados a un segundo plano por Heaviside. ¿Por qué no se llaman ecuaciones de Heaviside? El propio autor nos da la respuesta, ya que en su publicación de las mismas afirma que estas "nuevas" ecuaciones deben llamarse "ecuaciones de Maxwell."

En 1888 entran en esta historia los físicos alemanes. Hermann von Helmholtz le había pedido a

Heinrich Hertz (uno de sus estudiantes en Berlín) que estudiara experimentalmente la validez de las teorías del electromagnetismo de Maxwell, Weber y Neumann (teorías diferentes “competidoras” en aquella época). Hertz publicó en 1888 en *Annalen der Physik* un artículo en el que estudiaba la descarga de un condensador a través de un bucle observando una condición de resonancia que le llevó a pensar que se generaban ondas electromagnéticas. Estudió la reflexión, refracción, difracción, y polarización de la luz tanto en ondas no guiadas como en las guiadas en un cable. La presentación de Hertz en septiembre de 1888 ante la British Association (en Bath) lo elevó a “héroe”. Sus resultados confirmaban completamente la teoría del electromagnetismo de Maxwell. Maxwell, tras 23 años, era elevado al “cielo de los genios.”

**Facultad de Ciencias**  
**Carrera de Física**

Examen de Media Carrera  
13 de diciembre de 2018

**INDICACIONES:** El examen está constituido por tres secciones. La primera sección contiene 40 preguntas de opción múltiple. En esta sección cada pregunta correcta tiene un valor de 1 punto, cada pregunta incorrecta es penalizada con -0.5 puntos y cada pregunta no contestada vale 0 puntos. La segunda sección corresponde a una lectura comprensiva, de la cual es necesario extraer la tres ideas principales, que está valorada en 10 puntos. Y la última sección corresponde a 5 ejercicios valorados cada uno de ellos en 10 puntos. Lea con atención cada pregunta.

**Materiales:** esfero, lapiz, borrador y calculadora no programable.

# Problema 1

Sea una partícula cuya masa varía con el tiempo. Muestre que la energía cinética de la partícula tiene que verificar

$$\frac{d(mT)}{dt} = \vec{F}\vec{P},$$

donde  $m$  es la masa de la partícula,  $T$  es su energía cinética,  $\vec{F}$  es la fuerza total aplicada sobre la partícula y  $\vec{P}$  es la cantidad de movimiento lineal de la partícula.

## Problema 2

Calcule la integral  $\int \sin^4 \theta d\theta$ .

## Problema 3

Sean dos anillos coaxiales del mismo radio  $a$ , contenidos en planos paralelos y separados entre sí por una distancia  $L$ . Uno de los anillos tiene una densidad de carga uniforme  $+\lambda$  y el otro una densidad de carga uniforme  $-\lambda$ . Calcule el valor del campo eléctrico en cualquier punto del eje que pasa por el centro de los dos anillos y la diferencia de potencial entre los dos centros de los anillos.

## Problema 4

Un fotón de  $E_0$  MeV choca con un protón en reposo de masa  $m_p$ . Calcule la energía máxima que puede perder el fotón.

## Problema 5

Consideremos helio (gas perfecto monoatómico  $c_v = 3R/2$ ) en el estado inicial A:  $p_A = 10^5$  Pa,  $V_A = 10^{-2}$  m<sup>3</sup> y  $T_A = 300$  K. Se llevan a cabo las siguientes transformaciones:

A-B: Transformación isoterma reversible siendo  $V_B = 2 \cdot 10^{-2}$  m<sup>3</sup>

B-C: Transformación isócora ( $V = \text{cte}$ ) reversible siendo  $T_C = 189$  K

C-A: Transformación adiabática reversible, que devuelve al gas a sus condiciones iniciales.

- Determinar el número de moles de helio, confeccionar una tabla en la que aparezcan los valores  $p$ ,  $V$  y  $T$  en los tres estados A, B y C, y dibujar el ciclo en el diagrama  $p$ - $V$ .
- Calcular, en unidades del sistema internacional, de forma directa (siempre que sea posible) el trabajo  $W$ , el calor  $Q$ , y la variación de energía interna  $U$ , del gas para cada uno de los procesos.
- Determinar el rendimiento de este ciclo como motor térmico

Dato:  $R = 8.314$  J/(mol·K)