Solucionario Guía de Ejercicios – Electromagnetismo

Generado por Breaking ECF Skill

18 de febrero de 2026

1. 2016-1

Pregunta 15 – 2016-1

Enunciado: Capacitor de placas paralelas con diferencia de potencial V. Se libera un electrón desde la placa negativa. Calcular la velocidad al llegar a la placa positiva.

Solución:

Se aplica el **Principio de Conservación de Energía**. El electrón parte del reposo ($K_i = 0$) desde la placa negativa. La diferencia de potencial V realiza un trabajo $W = eV$ sobre el electrón.

$$W = \Delta K \implies eV = \tfrac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$v^2 = \frac{2eV}{m} \implies \boxed{v = \left(\frac{2eV}{m}\right)^{1/2}}$$

Nota Handbook FE:

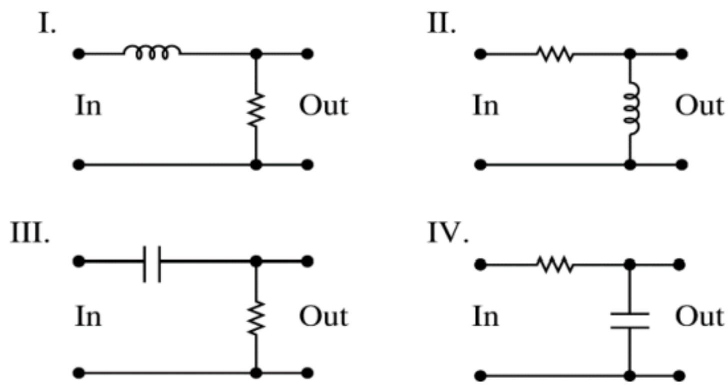
- **Electrostatics (Pág. 355):** El trabajo realizado por un agente externo al mover una carga Q en un campo eléctrico es $W = -Q\int_1^2 \vec{E}\cdot d\vec{l}$.
- **Voltage (Pág. 356):** La diferencia de potencial V es el trabajo por unidad de carga: $V = W/Q$. Para las placas: $E = V/d$.

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 16 – 2016-1

Enunciado: ¿Cuáles de los circuitos mostrados son filtros pasa altos?

Solución:



Un filtro **pasa alto** permite el paso de señales de alta frecuencia y atenúa las de baja frecuencia. Se analiza la impedancia de cada elemento:

- Inductor: $Z_L = j\omega L$ — a baja frecuencia es como un *cortocircuito* ($Z \to 0$); a alta, como un *circuito abierto* ($Z \to \infty$).
- Capacitor: $Z_C = 1/j\omega C$ — a baja frecuencia es como un *circuito abierto* ($Z \to \infty$); a alta, como un *cortocircuito* ($Z \to 0$).

Análisis por circuito:

- **I.** L en serie + R en paralelo (salida): a alta frecuencia $Z_L \to \infty$ bloquea la señal $\Rightarrow$ **Pasa BAJOS**.
- **II.** R en serie + L en paralelo (salida): a baja frecuencia $Z_L \to 0$ cortocircuita la salida; a alta $Z_L \to \infty$ pasa $\Rightarrow$ **Pasa ALTOS**.
- **III.** C en serie + R en paralelo (salida): a baja frecuencia $Z_C \to \infty$ bloquea; a alta $Z_C \to 0$ pasa $\Rightarrow$ **Pasa ALTOS**.
- **IV.** R en serie + C en paralelo (salida): a alta frecuencia $Z_C \to 0$ cortocircuita la salida $\Rightarrow$ **Pasa BAJOS**.

Filtros pasa altos: **II y III**.

Nota Handbook FE:

- **Analog Filter Circuits (Pág. 379):** Define los filtros de primer orden pasa bajos ($H(s) = \frac{1}{1+sR_PC}$) y pasa altos RC ($H(s) = \frac{sR_SC}{1+sR_SC}$) y RL. La función $H(j\omega_c) = \frac{1}{\sqrt{2}}H(j\infty)$ marca la frecuencia de corte ω_c.
- **Impedance Table (Pág. 361):** $Z_R = R$, $Z_C = 1/j\omega C$, $Z_L = j\omega L$.

Respuesta Correcta: d)

2. 2016-2

Pregunta 17 – 2016-2

Enunciado: Dos esferas conductoras ($R_1 = 2$ cm, $R_2 = 4$ cm) conectadas por cable. Campo en superficie de esfera 2: $E_2 = 100$ kV/m. Calcular el potencial en esfera 1.

Solución:

Al estar conectadas por un conductor, ambas esferas forman un único equipotencial: $V_1 = V_2$.
Para una esfera conductora aislada de radio R y carga Q:

$$E = \frac{kQ}{R^2}, \qquad V = \frac{kQ}{R}$$

Relacionando ambas expresiones: $V = E \cdot R$.
Calculamos el potencial en la esfera 2:

$$V_2 = E_2 \cdot R_2 = (100 \times 10^3 \text{ V/m})(0{,}04 \text{ m}) = 4 \times 10^3 \text{ V} = 4 \text{ kV}$$

Como $V_1 = V_2$:

$$\boxed{V_1 = 4 \text{ kV}}$$

Nota Handbook FE:

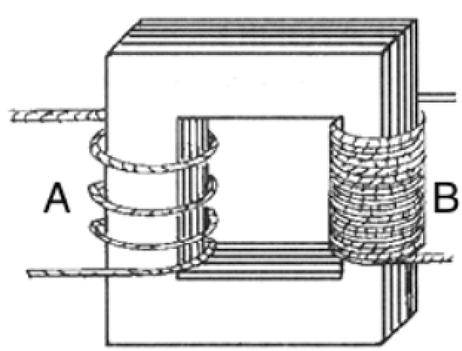
- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Campo de carga puntual $E = Q/(4\pi\varepsilon r^2)$. La esfera conductora puede tratarse como carga puntual exterior a su superficie.
- **Voltage (Pág. 356):** V es el trabajo por unidad de carga. Conductores en contacto tienen el mismo potencial en toda su superficie.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 18 – 2016-2

Enunciado: Transformador con bobina A (20 vueltas) y bobina B (100 vueltas). $V_A = 50$ V rms. ¿Voltaje en B?

Solución:



Para un transformador ideal, la razón de transformación $a = N_1/N_2$ relaciona voltajes y corrientes:

$$a = \frac{N_A}{N_B} = \frac{V_A}{V_B} \implies V_B = V_A \cdot \frac{N_B}{N_A}$$

$$V_B = 50 \text{ V} \cdot \frac{100}{20} = 50 \times 5 = \boxed{250 \text{ V}}$$

Nota Handbook FE:

- **Transformers – Turns Ratio (Pág. 364):** $a = N_1/N_2 = V_P/V_S = I_S/I_P$. La impedancia vista desde el primario es $Z_P = a^2 Z_S$.

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 19 – 2016-2

Enunciado: Modelo de bola-clavos para conducción electrónica. ¿Qué representa la *altura* de caída?
Solución:
En el modelo de Drude simplificado (bola cayendo por plano inclinado con clavos):

- Las **bolas** ≡ electrones (portadores de carga).
- Los **clavos** ≡ iones de la red cristalina (resistencia al flujo).
- La **inclinación / altura de caída** genera la energía cinética de las bolas, de manera análoga a cómo la **diferencia de potencial** (voltaje) impulsa el movimiento de cargas. $V = W/Q$.

La altura representa la energía potencial gravitatoria por unidad de masa, análoga al **voltaje aplicado** (energía potencial eléctrica por unidad de carga).

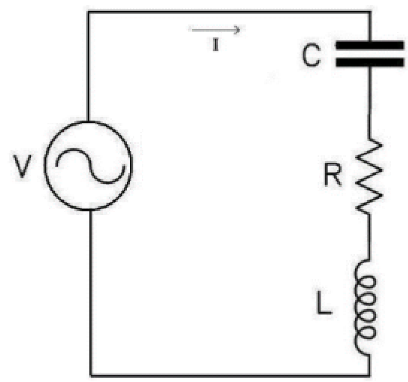
Nota Handbook FE:

- **Voltage (Pág. 356):** V es la diferencia de potencial = trabajo por unidad de carga. $V = W/Q$.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 20 – 2016-2

Enunciado: Circuito RLC serie. $V_{rms} = 35$ V, $f = 512$ Hz, $R = 148\ \Omega$, $C = 1{,}5\ \mu$F, $L = 35{,}7$ mH. Potencia disipada en R.
Solución:



La potencia real disipada en un circuito AC es $P = I_{rms}^2 R$, con $I_{rms} = V_{rms}/Z$.
1. Frecuencia angular:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(512) \approx 3217 \text{ rad/s}$$

2. Reactancias:

$$X_L = \omega L = 3217 \times 35{,}7 \times 10^{-3} \approx 114{,}8\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3217 \times 1{,}5 \times 10^{-6}} \approx 207{,}2\ \Omega$$

3. Impedancia total:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{148^2 + (114{,}8 - 207{,}2)^2} = \sqrt{21904 + 8538} \approx 174{,}5\ \Omega$$

4. Corriente rms y potencia:

$$I_{rms} = \frac{35}{174{,}5} \approx 0{,}2006 \text{ A}$$

$$P = I_{rms}^2 \cdot R = (0{,}2006)^2 \times 148 \approx 5{,}95 \text{ W} \approx \boxed{6{,}0 \text{ W}}$$

Nota Handbook FE:

- **Impedance Table (Pág. 361):** $Z_R = R$, $Z_L = j\omega L$, $Z_C = 1/j\omega C$. En serie: $Z_{total} = R + j(X_L - X_C)$, $|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.
- **AC Power (Pág. 363):** $P = V_{rms} I_{rms} \cos\theta = I_{rms}^2 R$.

Respuesta Correcta: b)

3. 2017-1

Pregunta 17 – 2017-1

Enunciado: La Ley de Gauss sería inválida si:
Solución:
La Ley de Gauss, $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = Q_{enc}/\varepsilon_0$, es una consecuencia directa de que el campo eléctrico de una carga puntual decae como $1/r^2$ (Ley de Coulomb). Si el exponente de la ley del inverso del cuadrado fuera diferente

de 2, el flujo a través de superficies esféricas concéntricas no sería constante, invalidando la equivalencia entre la integral de flujo y la carga encerrada.

Nota Handbook FE:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** $Q_{encl} =_S \varepsilon\vec{E} \cdot d\vec{S}$. La validez de esta ley es equivalente a la ley de Coulomb ($F \propto 1/r^2$).

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 18 – 2017-1

Enunciado: Campo eléctrico en casquete esférico ($R_1 < r < R_2$) con $\rho(r) = qr$.
Solución:
Aplicamos la Ley de Gauss con superficie esférica de radio r ($R_1 < r < R_2$):

$$E(4\pi r^2) = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon}$$

Carga encerrada integrando desde R_1 hasta r:

$$Q_{enc} = \int_{R_1}^{r} \rho(r')(4\pi r'^2)\,dr' = 4\pi q \int_{R_1}^{r} r'^3\,dr' = 4\pi q \cdot \frac{r'^4}{4}\Big|_{R_1}^{r} = \pi q(r^4 - R_1^4)$$

Despejando E:

$$E = \frac{\pi q(r^4 - R_1^4)}{4\pi r^2 \varepsilon} = \boxed{\frac{1}{\varepsilon r^2}\left[\frac{q}{4}(r^4 - R_1^4)\right]}$$

Nota Handbook FE:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** $Q_{encl} =_S \varepsilon\vec{E} \cdot d\vec{S}$. Para simetría esférica: $E \cdot 4\pi r^2 = Q_{enc}/\varepsilon$.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 19 – 2017-1

Enunciado: Inducción mutua entre solenoide largo ($N_1 = 100$, $L = 1$ m, $R = 1$ m) y bobina coaxial interna ($N_2 = 10$, $r = 10$ cm).
Solución:
La inducción mutua se calcula a partir del flujo de la bobina 1 que enlaza la bobina 2:

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1}$$

Campo magnético del solenoide (interior uniforme):

$$B_1 = \mu_0 \frac{N_1}{L} I_1$$

Flujo en cada espira de la bobina pequeña ($A_2 = \pi r_2^2$):

$$\Phi_{espira} = B_1 A_2 = \mu_0 \frac{N_1}{L} I_1 \cdot \pi r_2^2$$

Inducción mutua:

$$M = \frac{N_2 \Phi_{espira}}{I_1} = \mu_0 \frac{N_1 N_2 \pi r_2^2}{L}$$

$$M = (4\pi \times 10^{-7}) \cdot \frac{100 \times 10 \times \pi \times (0{,}1)^2}{1} = 4\pi^2 \times 10^{-6} \text{ H}$$

$$M \approx 4 \times 9{,}87 \times 10^{-6} \approx 40 \times 10^{-6} \text{ H} = \boxed{40 \ \mu\text{H}}$$

Nota Handbook FE:

- **Inductance (Pág. 359):** $L = N^2 \mu A/l$. La inducción mutua $M = N_2 \Phi_{21}/I_1$. Para solenoide ideal: $B = \mu_0 NI/l$.
- **Faraday's Law (Pág. 356):** $v = -N\, d\phi/dt$.

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 20 – 2017-1

Enunciado: Circuito LRC serie. $V_{max} = 220$ V, $R = 100\ \Omega$, $C = 100$ nF, $L = 10$ nH. ¿Cuál afirmación es correcta?

Solución:

Calculamos la frecuencia de resonancia:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \times 10^{-9} \times 100 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-15}}}$$

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \times 3{,}16 \times 10^{-8}} \approx \frac{1}{1{,}987 \times 10^{-7}} \approx \boxed{5 \times 10^6 \text{ Hz} = 5 \text{ MHz}}$$

La afirmación b) es correcta. Revisión de las otras opciones:

- a) Falso: en AC los voltajes se suman vectorialmente (fasores), no aritméticamente.
- c) y d): requieren conocer la frecuencia de operación (no necesariamente la de resonancia).

Nota Handbook FE:

- **Series Resonance (Pág. 362):** $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, $Z = R$ en resonancia, $Q = \omega_0 L/R$.

Respuesta Correcta: b)

4. 2017-2

Pregunta 17 – 2017-2

Enunciado: ¿Qué es correcto afirmar respecto de la corriente eléctrica?

Solución:

La corriente eléctrica se define como la tasa de flujo de carga eléctrica a través de una superficie:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

Es la **tasa de movimiento de cargas eléctricas en el tiempo**. En un conductor, el movimiento ordenado es causado por el campo eléctrico aplicado. La opción d) describe la *densidad de corriente* J (A/m²), no la corriente.

Nota Handbook FE:

- **Current (Pág. 356):** $i(t) = dq(t)/dt$. Corriente constante: I. Densidad de corriente (vectorial): $\vec{J}$ en A/m².

Respuesta Correcta: c)

Pregunta 18 – 2017-2

Enunciado: ¿Por qué los pararrayos tienen forma lineal y vertical (punta)?
Solución:
Se conoce como **Efecto de Puntas**. En un conductor cargado en equilibrio electrostático, la densidad superficial de carga σ es mayor en las zonas de menor radio de curvatura (puntas). Como el campo eléctrico en la superficie es $E = \sigma/\varepsilon_0$, el campo se maximiza en las puntas. Este campo intenso ioniza el aire circundante, creando un canal conductor preferente para la descarga del rayo.

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Para distribución superficial: $E_s = \rho_s/(2\varepsilon)$. En superficies conductoras curvas, la carga se concentra en zonas de alta curvatura.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 19 – 2017-2

Enunciado: Televisor CRT: electrón de carga Q acelerado por voltaje V. ¿Energía de impacto?
Solución:
Por conservación de energía, el trabajo realizado por el campo eléctrico al mover la carga Q a través de una diferencia de potencial V se convierte íntegramente en energía cinética:

$$W = Q\Delta V = QV$$

La distancia d entre las placas no afecta la energía total: solo determina el campo ($E = V/d$) y la fuerza, pero el trabajo total depende únicamente de Q y V.

$$\boxed{E_{impacto} = QV}$$

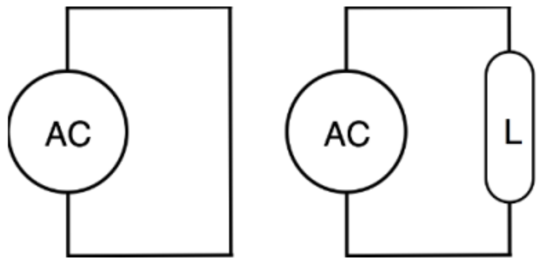
Nota Handbook FE:

- **Electrostatics – Work (Pág. 355):** $W = -Q\int_1^2 \vec{E}\cdot d\vec{l} = Q\Delta V$.

Respuesta Correcta: c)

Pregunta 20 – 2017-2

Enunciado: Se agrega inductancia L en serie a circuito resistivo AC. ¿Qué sucede con la corriente?
Solución:



1. **Circuito original (solo R):** $Z_0 = R$, corriente $I_0 = V/R$.
2. **Circuito con L en serie:** $Z_{nuevo} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} > R$ (ya que $\omega L > 0$).
3. **Conclusión:** Mayor impedancia con el mismo voltaje fuente implica menor corriente:

$$I_{nuevo} = \frac{V}{Z_{nuevo}} < \frac{V}{R} = I_0$$

Nota Handbook FE:

- **Impedance (Pág. 360):** $Z = R + jX$. Para L en serie: $X_L = \omega L$, por lo tanto $|Z| = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} > R$.
- **Impedance Table (Pág. 361):** $Z_L = j\omega L$ (inductor). Las impedancias en serie se suman.

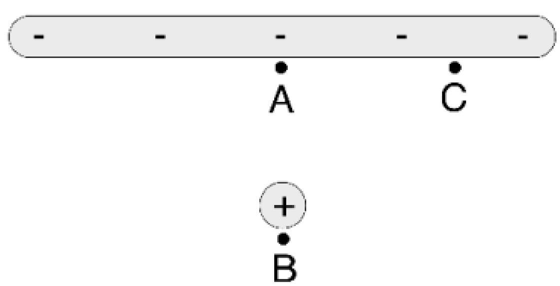
Respuesta Correcta: a)

5. 2018-1

Pregunta 17 – 2018-1

Enunciado: Plano conductor cargado negativamente y esfera positiva. ¿Cuál afirmación sobre el campo en los puntos indicados es correcta?

Solución:



De la figura: plano horizontal (negativo) en la parte superior, con puntos A y C justo debajo del plano; esfera positiva debajo del plano con punto B en su entorno.

Regla fundamental: el campo eléctrico en la superficie de un conductor es perpendicular a ella. Las líneas de campo **salen** de cargas positivas y **entran** en cargas negativas.

- **Punto A** (justo debajo del plano negativo): el campo apunta **hacia arriba** (hacia las cargas negativas del plano). Opción b) dice "hacia abajo" $\Rightarrow$ **Falso**.
- **Punto C** (justo debajo del plano negativo, lateral): igualmente el campo es perpendicular al plano y apunta **verticalmente hacia arriba**. Opción a) dice "vertical y apunta hacia arriba" $\Rightarrow$ **Verdadero**.
- **Punto B** (exterior a la esfera positiva): el campo sale radialmente de la esfera positiva. Si B está debajo de la esfera, el campo apunta hacia abajo. Opción c) dice "hacia arriba" $\Rightarrow$ Falso. Opción d) dice "nulo" $\Rightarrow$ Falso.

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** El campo $\vec{E}$ apunta desde cargas positivas (+) hacia cargas negativas (−). En la superficie de un conductor: $\vec{E}$ es perpendicular a la superficie.

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 18 – 2018-1

Enunciado: Generador 100 A a 4 kV elevado a 200 kV para transmisión en línea de 30 Ω. % pérdida.
Solución:
1. Potencia generada:

$$P_{gen} = V_{gen} \cdot I_{gen} = 4000 \times 100 = 400.000 \text{ W} = 400 \text{ kW}$$

2. Corriente en la línea (transformador ideal: $P_{in} = P_{out}$):

$$I_{trans} = \frac{P_{gen}}{V_{trans}} = \frac{400.000}{200.000} = 2 \text{ A}$$

3. Pérdida en la línea:

$$P_{loss} = I_{trans}^2 \cdot R_{lin} = (2)^2 \times 30 = 120 \text{ W}$$

4. Porcentaje de pérdida:

$$\%_{perd} = \frac{P_{loss}}{P_{gen}} \times 100 = \frac{120}{400.000} \times 100 = \boxed{0{,}030\,\%}$$

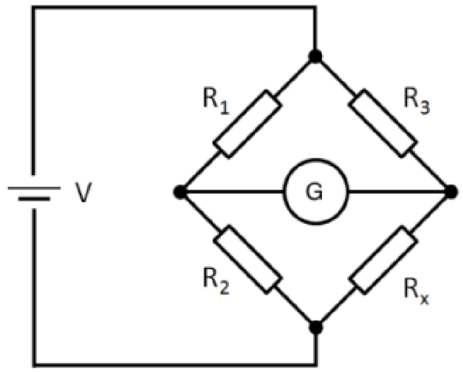
Nota Handbook FE:

- **Transformers (Pág. 364):** $a = N_1/N_2 = V_P/V_S = I_S/I_P$. Transformador ideal: $P_P = P_S$.
- **AC Power (Pág. 363):** $P = I_{rms}^2 R$ para resistencias puras.

Respuesta Correcta: c)

Pregunta 19 – 2018-1

Enunciado: Puente de Wheatstone en equilibrio ($I_G = 0$). ¿Valor de R_x?
Solución:



De la figura: rama izquierda (R_1 arriba, R_2 abajo), rama derecha (R_3 arriba, R_x abajo), galvanómetro G en el puente horizontal.

Condición de equilibrio: los nodos del galvanómetro están al mismo potencial.

$$\frac{V_{nodo\_izq}}{V} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \qquad \frac{V_{nodo\_der}}{V} = \frac{R_x}{R_3 + R_x}$$

Igualando:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_x}{R_3 + R_x} \implies R_2(R_3 + R_x) = R_x(R_1 + R_2)$$

$$R_2 R_3 = R_x R_1 \implies \boxed{R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{R_3 R_2}{R_1}}$$

Nota Handbook FE:

- **DC Circuits / Voltage Divider (Pág. 358):** $V_{out} = V \cdot R_2/(R_1 + R_2)$. El puente de Wheatstone usa dos divisores de voltaje igualados para medir resistencias desconocidas.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 20 – 2018-1

Enunciado: El campo eléctrico corresponde a:

Solución:

El campo eléctrico es una **propiedad del espacio** creada por las distribuciones de carga. No es la fuerza en sí misma ($F = qE$), sino el agente que **media** la interacción entre cargas:

- a) Falso: la propiedad de los cuerpos para interaccionar es la *carga eléctrica*.
- b) Falso: es la fuerza por unidad de carga positiva, no la fuerza misma.
- c) Correcto: el campo es una propiedad del espacio y es la causa de la interacción.
- d) Falso: define la fuerza sobre una carga prueba, no el campo en sí.

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** $\vec{E} = \vec{F}/Q$. El campo existe independientemente de la presencia de una carga prueba.

Respuesta Correcta: c)

6. 2018-2

Pregunta 15 – 2018-2

Enunciado: Capacitor de placas paralelas: condición de idealidad del modelo.
Solución:
El modelo ideal de capacitor de placas paralelas asume campo eléctrico **uniforme** entre las placas y **nulo** fuera de ellas (despreciando efectos de borde). Para que esta aproximación sea válida, las dimensiones de las placas deben ser mucho mayores que la separación d. La longitud característica de las placas es $\sqrt{A}$, por lo tanto la condición es:

$$\boxed{\sqrt{A} \gg d}$$

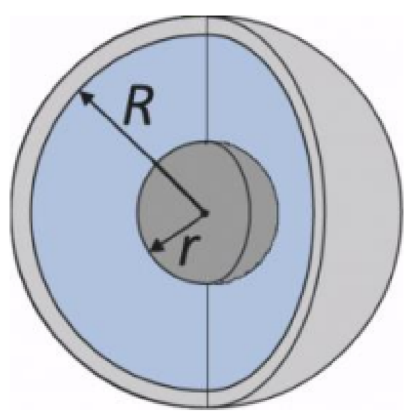
Nota Handbook FE:

- **Capacitors (Pág. 358):** $C = \varepsilon A/d$. Esta fórmula es válida cuando el campo entre placas es uniforme, condición que requiere $\sqrt{A} \gg d$.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 16 – 2018-2

Enunciado: Conductores esféricos concéntricos: radio interno r (carga Q_r) y externo R (carga Q_R), medio ε. Potencial en punto medio $r_m = (R + r)/2$.
Solución:



El potencial es escalar y cumple superposición. Para un punto $r_m = (R + r)/2$ entre las dos esferas:

- **Aporte de la esfera externa** (de radio R, carga Q_R): cualquier punto *interior* a la esfera externa experimenta un potencial constante e igual al de su superficie:

$$V_{Q_R}(r_m) = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Q_R}{R}$$

- **Aporte de la esfera interna** (de radio r, carga Q_r): en el exterior de la esfera interna actúa como carga puntual:

$$V_{Q_r}(r_m) = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Q_r}{r_m} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{2Q_r}{R+r}$$

Potencial total:

$$\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\left[\frac{Q_R}{R} + \frac{2Q_r}{R+r}\right]}$$

Nota Handbook FE:

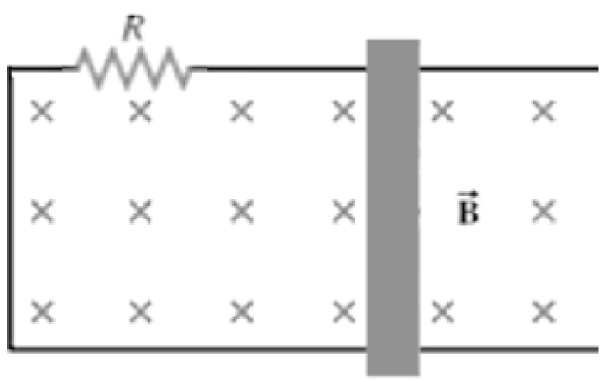
- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** El potencial de una esfera conductora es constante en su interior e igual al de su superficie: $V = kQ/R$.
- **Voltage (Pág. 356):** El potencial es escalar: $V_{total} = \sum V_i$ (superposición).

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 17 – 2018-2

Enunciado: Barra conductora ($l = 10$ cm) desliza a $v = 10$ m/s en campo $B = 0{,}1$ T. Resistencia $R = 10\ \Omega$. ¿Corriente inducida?

Solución:



La FEM motional (Ley de Faraday para conductor en movimiento):

$$\varepsilon = v \cdot B \cdot l = 10 \times 0{,}1 \times 0{,}1 = 0{,}1 \text{ V}$$

Corriente inducida (Ley de Ohm):

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0{,}1 \text{ V}}{10\ \Omega} = 0{,}01 \text{ A} = \boxed{10 \text{ mA}}$$

Nota Handbook FE:

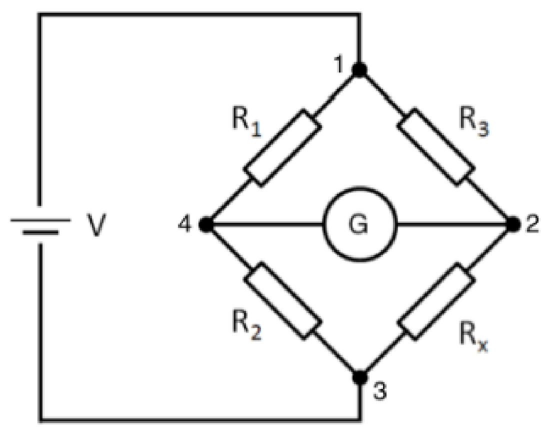
- **Induced Voltage / Faraday's Law (Pág. 356):** $v = -N\, d\phi/dt$. Para un conductor moviéndose en campo B: $\varepsilon = vBl$ (FEM motional, con $\vec{v} \perp \vec{B} \perp \vec{l}$).
- **Ohm's Law (Pág. 357):** $V = IR$.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 18 – 2018-2

Enunciado: Circuito tipo puente de Wheatstone. Potencia en R_x si el galvanómetro G mide corriente nula.

Solución:



1. **Condición de equilibrio** (misma que P19-2018-1):

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

2. **Corriente por la rama derecha** (R_3 y R_x en serie, sin flujo por G):

$$I_{der} = \frac{V}{R_3 + R_x} = \frac{V}{R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}} = \frac{V}{\frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1}} = \frac{V R_1}{R_3(R_1 + R_2)}$$

3. **Potencia en R_x:**

$$P_x = I_{der}^2 \cdot R_x = \left[\frac{V R_1}{R_3(R_1 + R_2)}\right]^2 \cdot \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$P_x = \frac{V^2 R_1^2}{R_3^2 (R_1 + R_2)^2} \cdot \frac{R_2 R_3}{R_1} = \boxed{\frac{V^2 R_1 R_2}{R_3 (R_1 + R_2)^2}}$$

Nota Handbook FE:

- **Wheatstone Bridge: equilibrio (Pág. 358):** $R_1 R_x = R_2 R_3$.
- **AC/DC Power (Pág. 363):** $P = I^2 R$.

Respuesta Correcta: c)

7. 2019-1

Pregunta 14 – 2019-1

Enunciado: Densidad lineal relativa de líneas de campo μ_2/μ_1 en radios $R_2 = 3R_1$.
Solución:
La densidad de líneas de campo es proporcional a la magnitud del campo eléctrico E. Para una carga puntual en 3D:

$$E \propto \frac{1}{r^2}$$

La densidad *superficial* de líneas (sobre una esfera de radio r) es proporcional a E:

$$\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{1/R_2^2}{1/R_1^2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \boxed{\frac{1}{9}}$$

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** $E = Q/(4\pi\varepsilon r^2)$. La densidad de líneas de campo es proporcional a E, por lo que cae como $1/r^2$.

Respuesta Correcta: a)

Pregunta 15 – 2019-1

Enunciado: Afirmación SIEMPRE correcta sobre capacitor de placas paralelas.
Solución:

- a) Falso: la energía se almacena en el campo entre las placas, no "en cada placa".
- b) **Correcto**: al insertar un dieléctrico ($\kappa > 1$), la polarización del material reduce el campo efectivo neto: $E = E_0/\kappa < E_0$ para carga fija. Es la propiedad definitoria del dieléctrico.
- c) Falso: $V = E \cdot d$ sí depende de la distancia.
- d) Falso: no fluye carga entre las placas (el dieléctrico o vacío es aislante).

Nota Handbook FE:

- **Capacitors (Pág. 358):** $C = \varepsilon A/d = \varepsilon_r \varepsilon_0 A/d$. Al insertar un dieléctrico con $\varepsilon_r > 1$, la capacitancia aumenta y, para carga constante, el campo disminuye.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 16 – 2019-1

Enunciado: Experimento con ampolletas idénticas en serie y paralelo. Observación plausible.
Solución:

- a) Falso: en serie, la corriente es igual en todos. Si son idénticas, brillan igual.
- b) Falso: en paralelo con resistencias idénticas, las corrientes son iguales.
- c) Falso: al aumentar el voltaje, $I = V/R_{eq}$ aumenta (más brillo, más corriente).
- d) **Correcto**: al reducir mucho el voltaje, la potencia $P = V^2/R$ cae por debajo del umbral de incandescencia (la lámpara no emite luz visible), pero la corriente $I = V/R \neq 0$ sigue fluyendo.

Nota Handbook FE:

- **Resistors (Pág. 357):** $P = V^2/R = I^2R$. La corriente no es cero mientras $V \neq 0$.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 17 – 2019-1

Enunciado: Circuito RLC ($L = 0{,}6$ H, $R = 250\ \Omega$, $C = 3{,}5\ \mu$F), $f = 60$ Hz. Ángulo de fase.
Solución:
El ángulo de fase ϕ del circuito RLC serie está dado por:

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Frecuencia angular: $\omega = 2\pi(60) \approx 377$ rad/s.
Reactancias:

$$X_L = \omega L = 377 \times 0{,}6 = 226{,}2\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{377 \times 3{,}5 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{1319{,}5} \approx 757{,}9\ \Omega$$

Ángulo de fase:

$$\tan\phi = \frac{226{,}2 - 757{,}9}{250} = \frac{-531{,}7}{250} \approx -2{,}13$$

$$\boxed{\phi = \tan^{-1}(-2{,}13)}$$

Nota Handbook FE:

- **Impedance (Pág. 360):** $Z = R + j(X_L - X_C)$. El ángulo de fase es $\phi = \arctan\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$.
- **Impedance Table (Pág. 361):** $X_L = \omega L$, $X_C = 1/(\omega C)$.

Respuesta Correcta: c)

8. 2019-2

Pregunta 14 – 2019-2

Enunciado: La Ley de Gauss establece que la carga encerrada es proporcional a:
Solución:
La Ley de Gauss en su forma integral:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0}$$

La carga encerrada es proporcional al **flujo de campo eléctrico** Φ_E que atraviesa la superficie gaussiana cerrada.

Nota Handbook FE:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** $Q_{encl} =_S \varepsilon \vec{E} \cdot d\vec{S}$.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 15 – 2019-2

Enunciado: Relación entre líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales.
Solución:
Las superficies equipotenciales son lugares donde $V =$ cte, por lo tanto $dV = 0$. Dado que $dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$, para que $dV = 0$ a lo largo de una equipotencial, el desplazamiento $d\vec{l}$ tangente a ella debe ser **perpendicular** al campo $\vec{E}$. En consecuencia, las líneas de campo son siempre perpendiculares a las superficies equipotenciales.

Nota Handbook FE:

- **Voltage (Pág. 356):** $V = W/Q = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l}$. Las equipotenciales son perpendiculares a $\vec{E}$ por definición.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 16 – 2019-2

Enunciado: Figura con 4 cargas puntuales unidas por líneas. ¿Qué representan las líneas?

[Aviso: imagen pendiente.] Buscar figura correspondiente a P16-2019-2 (4 cargas con líneas) y agregar como `images/FIS1533-2019-2-P16.png`

Solución:
Las líneas que conectan cargas positivas con cargas negativas representan **líneas de campo eléctrico**: se originan en las cargas positivas y terminan en las negativas. No pueden cruzarse y su densidad es proporcional a la intensidad del campo.

Las opciones a) ("líneas de fuerza") y d) ("líneas de campo eléctrico") son conceptualmente equivalentes; d) usa la terminología moderna estándar.

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** Las líneas de campo parten de cargas positivas y terminan en negativas. Su densidad local es proporcional a $|\vec{E}|$.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 17 – 2019-2

Enunciado: Dos cargas puntuales iguales Q separadas por d. ¿Potencial en el punto medio?
Solución:
El punto medio está a distancia $r = d/2$ de cada carga. El potencial es escalar y cumple superposición:

$$V_{total} = V_1 + V_2 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon \cdot (d/2)} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon \cdot (d/2)} = \frac{2Q}{4\pi\varepsilon \cdot (d/2)} = \frac{2Q \cdot 2}{4\pi\varepsilon\, d} = \boxed{\frac{Q}{\pi\varepsilon\, d}}$$

Nota Handbook FE:

- **Electrostatic Fields (Pág. 355):** $E = Q/(4\pi\varepsilon r^2) \Rightarrow V = Q/(4\pi\varepsilon r)$ para carga puntual. El potencial es escalar: $V_{total} = \sum V_i$.

Respuesta Correcta: a)

9. 2023-2

Pregunta 22 – 2023-2

Enunciado: Dipolo eléctrico $(+q, -q)$ rodeado por superficie gaussiana. ¿Cuál afirmación sobre el flujo eléctrico es correcta?
Solución:
Un dipolo tiene carga neta $Q_{net} = +q + (-q) = 0$. Por la Ley de Gauss, el flujo a través de *cualquier* superficie cerrada que encierre a ambas cargas es:

$$\Phi = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0} = \frac{0}{\varepsilon_0} = 0$$

Esto es válido para **cualquier** forma de la superficie gaussiana, siempre que encierre a ambas cargas.

Nota Handbook FE:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** $Q_{encl} =_S \varepsilon \vec{E} \cdot d\vec{S}$. Si $Q_{encl} = 0$, el flujo es nulo independientemente de la geometría de la superficie.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 23 – 2023-2

Enunciado: Cargas fijas $+Q$ y $-Q$ separadas $2L$ (eje vertical). Carga prueba q a distancia horizontal L del eje central. ¿Fuerza resultante?
Solución:
Ubicamos $+Q$ en $(0, +L)$ y $-Q$ en $(0, -L)$; la carga q en $(L, 0)$.
Distancia de cada carga fija a q:

$$r = \sqrt{L^2 + L^2} = L\sqrt{2}$$

Fuerza de cada carga sobre q (magnitud):

$$F = k\frac{Qq}{r^2} = \frac{kQq}{2L^2}$$

Dirección: el ángulo con el eje horizontal es 45. Por simetría y signos opuestos de las cargas fijas:

- Las componentes *horizontales* se **cancelan** (una atrae, la otra repele en la misma dirección horizontal).
- Las componentes *verticales* se **suman**.

$$F_{total} = 2 \cdot F \cdot \sin 45 = 2 \cdot \frac{kQq}{2L^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kQq}{\sqrt{2}\,L^2}$$

Nota Handbook FE:

- **Coulomb's Law (Pág. 355):** $F = Q_1Q_2/(4\pi\varepsilon r^2)$. Superposición vectorial de fuerzas.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 24 – 2023-2

Enunciado: Carga q, masa m entra a 45 con velocidad v entre placas $\pm V$ separadas d. ¿Largo L para que salga horizontalmente?

Solución:

Condiciones iniciales (entrada a 45):

$$v_{0x} = v\cos 45 = \frac{v}{\sqrt{2}}, \qquad v_{0y} = v \sin 45 = \frac{v}{\sqrt{2}}$$

Condición final: salida horizontal $\Rightarrow v_{fy} = 0$.

Campo eléctrico entre las placas ($\Delta V = 2V$):

$$E = \frac{2V}{d}, \qquad a_y = -\frac{qE}{m} = -\frac{2qV}{dm}$$

Cinemática vertical:

$$0 = \frac{v}{\sqrt{2}} - \frac{2qV}{dm}\,t \implies t = \frac{v}{\sqrt{2}} \cdot \frac{dm}{2qV} = \frac{vdm}{2\sqrt{2}\,qV}$$

Longitud horizontal recorrida:

$$L = v_{0x} \cdot t = \frac{v}{\sqrt{2}} \cdot \frac{vdm}{2\sqrt{2}\,qV} = \frac{v^2 dm}{2 \cdot 2 \cdot qV} = \boxed{\frac{v^2 dm}{4qV}}$$

Nota Handbook FE:

- **Voltage (Pág. 356):** $E = V/d$ para placas paralelas.
- **Electrostatics (Pág. 355):** $\vec{F} = Q\vec{E} \Rightarrow a = F/m = qE/m$.

Respuesta Correcta: c)

Pregunta 25 – 2023-2

Enunciado: Solenoide, flujo $\phi(t) = \phi_0 \sin(t)$. ¿Voltaje inducido?
Solución:
Por la Ley de Faraday-Lenz con N vueltas:

$$v = -N\frac{d\phi}{dt} = -N\phi_0 \cos(t)$$

Si el solenoide tiene $N = 5$ vueltas (configuración típica en este tipo de problemas), y se omite el signo de Lenz (convención de magnitud):

$$|v| = 5\phi_0 \cos(t)$$

Nota: ϕ_0 ya es flujo (Wb), por lo que no debe aparecer el área A en la expresión; las opciones a) y c) que incluyen A son dimensionalmente incorrectas.

Nota Handbook FE:

- **Faraday's Law (Pág. 356):** $v = -N\, d\phi/dt$. Si $\phi = \phi_0 \sin(t)$, entonces $v = -N\phi_0 \cos(t)$.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 26 – 2023-2

Enunciado: Cable en cilindro radio R, rotando a N rev/s en campo B. Diferencia de potencial.
Solución:
Este es un generador homopolar (disco de Faraday). Un elemento del conductor a radio r tiene velocidad $v(r) = \omega r = 2\pi N\, r$. La FEM motional diferencial:

$$d\varepsilon = v(r)\, B\, dr = 2\pi N\, B\, r\, dr$$

Integrando de 0 a R (del eje al borde del cilindro):

$$\varepsilon = \int_0^R 2\pi N\, B\, r\, dr = 2\pi N\, B \cdot \frac{R^2}{2} = \boxed{\pi N B R^2}$$

Nota Handbook FE:

- **Induced Voltage / Faraday (Pág. 356):** $v = -N\, d\phi/dt$. Para un conductor rotante: $\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$, integrado sobre la longitud del conductor.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 27 – 2023-2

Enunciado: Topología de circuito (LVK). ¿Cuál ecuación de malla es correcta?

[Aviso: imagen pendiente.] Buscar diagrama del circuito con voltajes v_1–v_9 para P27-2023-2 y agregar como `images/FIS1533-2023-2-P27.png`

Solución:
La Ley de Voltajes de Kirchhoff (LVK) establece que la suma algebraica de las caídas de voltaje alrededor de cualquier malla cerrada es cero. Cada opción representa una posible malla; la correcta es aquella cuyos voltajes forman un lazo cerrado consistente en el diagrama. Verificar con el diagrama del circuito original.

Nota Handbook FE:

- **KVL (Pág. 357–358):** Kirchhoff's Voltage Law: $\sum V_k = 0$ alrededor de cualquier malla cerrada.

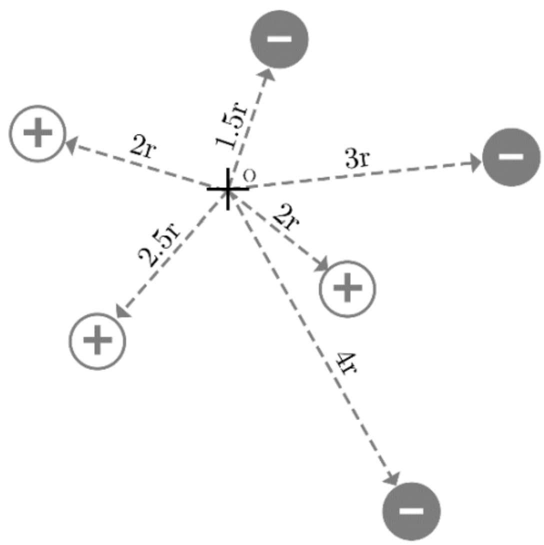
Respuesta Correcta: b) ***[requiere verificación con imagen del circuito]***

10. 2024-2

Pregunta 22 – 2024-2

Enunciado: Cargas distribuidas a distintas distancias desde un punto O. Superficie gaussiana esférica de radio 1,7r. ¿El campo es proporcional a qué?

Solución:



De la figura, las cargas y sus distancias al origen O son: 1,5r (negativa), 2r (positiva), 2r (positiva), 2,5r (positiva), 3r (negativa), 4r (negativa).

La superficie gaussiana de radio 1,7r encierra **únicamente** la carga ubicada a 1,5r, que es **negativa** ($-q$).

Por la Ley de Gauss:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{enc}}{\varepsilon_0} = \frac{-q}{\varepsilon_0} \propto -q$$

Nota Handbook FE:

- **Gauss' Law (Pág. 355):** $Q_{encl} = \varepsilon \vec{E} \cdot d\vec{S}$. Solo las cargas dentro de la superficie gaussiana contribuyen.

Respuesta Correcta: b)

Pregunta 23 – 2024-2

Enunciado: Carga negativa con masa en campo eléctrico. ¿Cuál trayectoria describe?

Solución:

Una carga negativa experimenta una fuerza $\vec{F} = q\vec{E} = -|q|\vec{E}$, es decir, en dirección **opuesta** al campo eléctrico. Bajo la acción de esta fuerza constante (más la gravedad), describe una trayectoria parabólica (movimiento uniformemente acelerado). En presencia de un campo magnético, la trayectoria sería circular o helicoidal. Identificar en la figura cuál de las opciones A–D muestra la trayectoria correcta según la dirección del campo indicado.

[Aviso: imagen incompleta.] La imagen de la trayectoria muestra una espiral. Para identificar la opción correcta (A–D), se necesita la figura completa del enunciado con las cuatro trayectorias etiquetadas.

Nota Handbook FE:

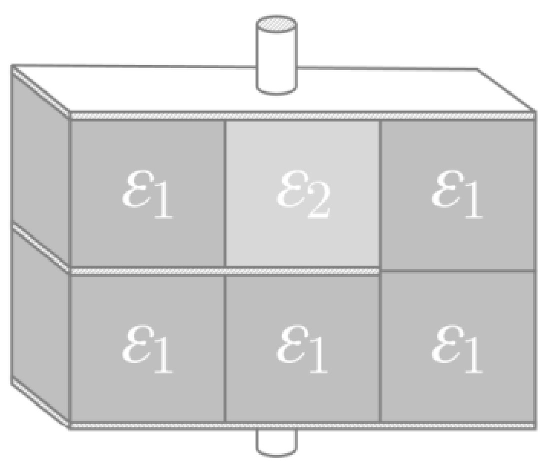
- **Electrostatics (Pág. 355):** $\vec{F} = Q\vec{E}$. Para $Q < 0$, la fuerza es opuesta a $\vec{E}$, generando deflexión contraria al campo.

Respuesta Correcta: ***[requiere figura completa con opciones A–D]***

Pregunta 24 – 2024-2

Enunciado: Capacitor con grilla 2×3 de bloques dieléctricos: cinco con ε_1 y uno con ε_2 (posición superior central). ¿Capacitancia equivalente?

Solución:



La grilla tiene 3 columnas (en paralelo) y 2 filas (en serie dentro de cada columna). Sea $C_1 = \varepsilon_1 A/d$ y $C_2 = \varepsilon_2 A/d$ las capacitancias para el área y separación totales.

Cada bloque tiene área $A/3$ y altura $d/2$:

$$C_{\varepsilon_1}^{bloque} = \frac{\varepsilon_1(A/3)}{d/2} = \frac{2C_1}{3}, \qquad C_{\varepsilon_2}^{bloque} = \frac{2C_2}{3}$$

Columnas externas (dos bloques ε_1 en serie):

$$C_{ext} = \frac{C_1}{3}$$

Columna central (ε_2 arriba, ε_1 abajo, en serie):

$$\frac{1}{C_{mid}} = \frac{1}{2C_2/3} + \frac{1}{2C_1/3} = \frac{3}{2C_2} + \frac{3}{2C_1} \implies C_{mid} = \frac{2C_1C_2}{3(C_1+C_2)}$$

Total (tres columnas en paralelo):

$$C_{eq} = 2C_{ext} + C_{mid} = \frac{2C_1}{3} + \frac{2C_1C_2}{3(C_1+C_2)} = \frac{2C_1}{3} \cdot \frac{C_1+2C_2}{C_1+C_2}$$

$$\boxed{C_{eq} = \frac{2C_1(C_1+2C_2)}{3(C_1+C_2)}}$$

Verificación: si $C_1 = C_2$, entonces $C_{eq} = 2C_1 \cdot 3C_1/(3 \cdot 2C_1) = C_1$

[Aviso: opciones pendientes de verificar.] Las opciones a)–d) del examen original no coinciden con el resultado derivado. Revisar el enunciado original para confirmar las alternativas reales.

Nota Handbook FE:

- **Capacitors (Pág. 358):** $C = \varepsilon A/d$. Capacitores en serie: $1/C_s = \sum 1/C_i$. En paralelo: $C_p = \sum C_i$.

Respuesta Correcta: $C_{eq} = 2C_1(C_1+2C_2)/[3(C_1+C_2)]$

Pregunta 25 – 2024-2

Enunciado: Inductor recorrido por corriente periódica. ¿Cuál es el gráfico de voltaje correspondiente?

[Aviso: imagen pendiente.] Buscar figura con la corriente periódica $i(t)$ y las cuatro opciones de gráfico de voltaje (A–D) para P25-2024-2.

Solución:

La relación voltaje-corriente en un inductor es $v(t) = L\, di/dt$: el voltaje es proporcional a la **derivada** de la corriente.

- Si $i(t)$ es una onda **triangular** (pendientes constantes por tramos) $\Rightarrow$ $v(t)$ es una onda **cuadrada**.
- En los picos de corriente (cambio de pendiente), el voltaje salta abruptamente.

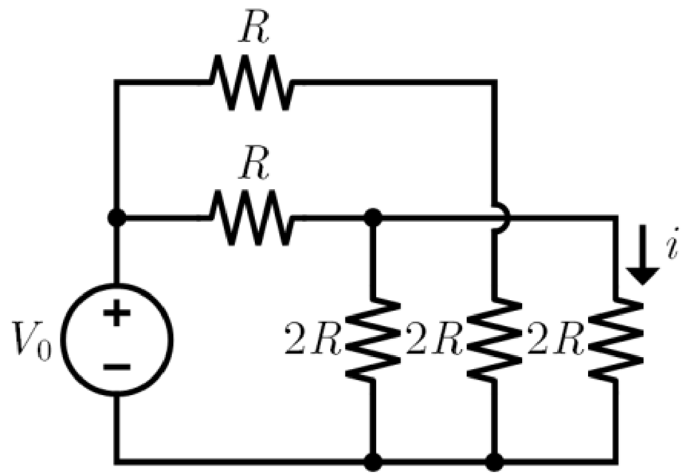
Nota Handbook FE:

- **Inductors (Pág. 359):** $v_L(t) = L\,(di_L/dt)$. El voltaje es la derivada de la corriente escalada por L.

Respuesta Correcta: ***[Buscar opción con onda cuadrada – requiere imagen]***

Pregunta 26 – 2024-2

Enunciado: Circuito resistivo con fuente DC V_0 (ver figura). ¿Corriente i?
Solución:



De la figura: dos resistencias R en paralelo (sección izquierda) seguidas de tres resistencias $2R$ en paralelo (sección derecha); i es la corriente por la resistencia $2R$ del extremo derecho.

1. Sección izquierda: $R \| R = R/2$.

2. Sección derecha: $2R \| 2R \| 2R = 2R/3$.

3. Resistencia equivalente total:

$$R_{eq} = \frac{R}{2} + \frac{2R}{3} = \frac{3R}{6} + \frac{4R}{6} = \frac{7R}{6}$$

4. Corriente total:

$$I_{total} = \frac{V_0}{7R/6} = \frac{6V_0}{7R}$$

5. Voltaje en la sección derecha:

$$V_{der} = I_{total} \cdot \frac{2R}{3} = \frac{6V_0}{7R} \cdot \frac{2R}{3} = \frac{4V_0}{7}$$

6. Corriente i por una sola resistencia $2R$:

$$i = \frac{V_{der}}{2R} = \frac{4V_0/7}{2R} = \boxed{\frac{2}{7}\frac{V_0}{R}}$$

Nota Handbook FE:

- **Resistors in Series and Parallel (Pág. 357):** $R_p = 1/\sum(1/R_i)$; $R_s = \sum R_i$. Divisor de corriente para ramas en paralelo.

Respuesta Correcta: d)

Pregunta 27 – 2024-2

Enunciado: Red de 6 resistencias iguales R entre terminales a y b. ¿Resistencia equivalente?

> **[Aviso: imagen pendiente.]** Buscar diagrama de la red de 6 resistencias iguales para P27-2024-2 y agregar como `images/FIS1533-2024-2-P27.png`

Solución:
Sin el diagrama no es posible resolver el circuito de forma inequívoca. El procedimiento general es:

1. Identificar nodos y ramas del circuito.
2. Simplificar combinaciones en serie y paralelo, o aplicar transformaciones Δ-Y si la red es un puente.
3. Calcular $R_{ab} = V_{ab}/I$.

Para redes simétricas de 6 resistencias, pueden usarse planos de equipotenciales para simplificar.

> **Nota Handbook FE:**
>
> - **Resistors (Pág. 357):** Series: $R_s = \sum R_i$; Paralelo: $1/R_p = \sum 1/R_i$. Thevenin/Norton (Pág. 358) para reducción de circuitos complejos.

Respuesta Correcta: b) ***[requiere imagen del circuito para verificación]***