

INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN

Después de leer atentamente el examen, responda 4 preguntas de la siguiente forma:

- Responda a la pregunta 1 (sin optatividad).
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 2A y 2B.
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 3A y 3B.
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 4A y 4B.

TIEMPO Y CALIFICACIÓN: 90 minutos. Cada pregunta tiene una calificación máxima de 2,5 puntos.

1) (Obligatoria) Responda a las siguientes cuestiones analíticas:

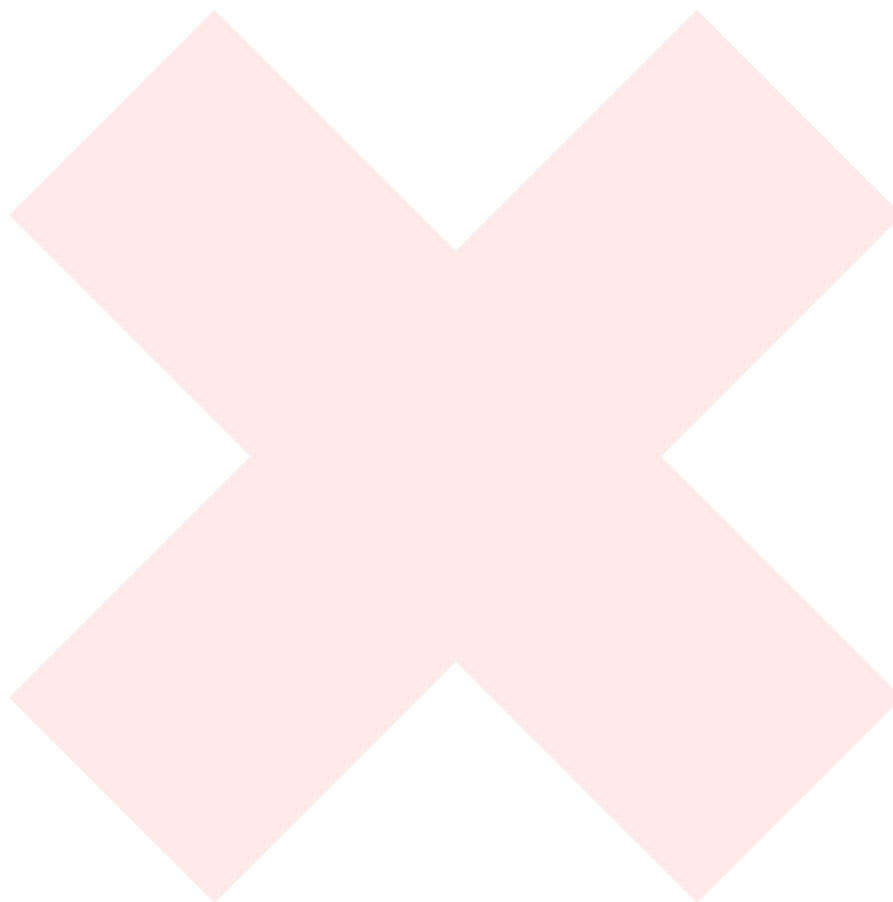
- a) (0,5 puntos) **Pregunta tipo test.** La configuración electrónica $1s^2 2s^2 2p^6 4s^1$ corresponde a un átomo neutro excitado. Si el electrón transita espontáneamente a la configuración más estable $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, este proceso conlleva obligatoriamente:
- I. La absorción de energía del medio.
 - II. La emisión de energía en forma de radiación electromagnética.
 - III. La ionización del átomo.
 - IV. Un aumento del número cuántico principal del electrón.
- b) (1 punto) En un proyecto topográfico, al medir los extremos de un viaducto se ha obtenido una medida de $236,0 \pm 0,3$ m; por otro lado, al medir la longitud de un coche de Fórmula 1 se obtuvo 485 ± 2 cm. Calcula el error relativo de ambas medidas en porcentaje. ¿Qué medición ostenta mayor calidad empírica?
- c) (1 punto) Utilizando factores de conversión en cadena, transforma el valor de la constante de los gases ideales $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ a unidades del Sistema Internacional ($\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$). *Datos:* $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$.

2A) El estudio de los espectros atómicos requiere aplicar el modelo mecanocuántico y la ecuación de Rydberg.

- a) (1,25 puntos) Se observa experimentalmente que en el espectro del átomo de hidrógeno existe una línea que corresponde a una absorción energética de $4,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Si sabemos que el nivel cuántico superior alcanzado tras dicha transición es $n_2 = 5$, calcule la longitud de onda absorbida y deduzca analíticamente el número cuántico del nivel inferior n_1 desde el que partió el electrón. *Datos:* $R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.
- b) (1,25 puntos) Si preparamos una muestra de gas de hidrógeno cuyos electrones se encuentran todos excitados en el nivel cuántico $n = 5$, calcule teóricamente cuántas rayas espectrales distintas (fotones de diferentes longitudes de onda) se producirán en total cuando todos los electrones decaigan relajándose hasta el estado fundamental. Justifique las transiciones.

2B) La cuantización de la energía impone umbrales estrictos para procesos termodinámicos como la ionización.

- a) (1,25 puntos) La primera energía de ionización del potasio gaseoso es de 418 kJ/mol. Calcule la energía mínima (expresada en Julios) que debe poseer un único fotón incidente para lograr arrancar un electrón de un átomo de potasio. A continuación, calcule la frecuencia en Hz asociada a esta radiación electromagnética límite.
- b) (1,25 puntos) El espectro visible corresponde a la franja de radiaciones comprendidas estrictamente entre 450 nm y 700 nm. Calcule la energía (expresada en electronvoltios, eV) correspondiente a la radiación visible de mayor frecuencia. A la vista del resultado, razone si sería posible conseguir la fotoionización de un átomo de magnesio utilizando esta luz visible, sabiendo que la primera energía de ionización del Mg es 7,65 eV.



3A) El análisis deductivo de la estructura atómica y las configuraciones electrónicas.

- (1,25 puntos) Disponemos de cuatro elementos A, B, C y D cuyos números atómicos son 3, 9, 10 y 40, asignados en desorden. Sabemos que: A es un metal de transición capaz de actuar con número de oxidación +4; B es un gas extremadamente inerte; el compuesto formado por D y C es de naturaleza iónica; y el compuesto C_2 es una molécula diatómica covalente. Identifica de manera justificada el número atómico, la configuración electrónica y el símbolo real correspondiente a A, B, C y D.
- (1,25 puntos) Justifica de forma teórica, apoyándote en las restricciones de los números cuánticos, si las configuraciones electrónicas $1s^2 2s^2 2p^7 3s^1$ y $1s^2 2s^2 2p^5 2d^1 3s^2$ corresponden al estado fundamental de un átomo, a estados excitados factibles, o si por el contrario representan estados físicamente imposibles.

3B) Relación entre la estabilidad termodinámica de los iones y las propiedades de las redes de enlace.

- (1,25 puntos) Los elementos químicos X, Y y Z tienen números atómicos 13, 20 y 35, respectivamente. Escribe sus configuraciones electrónicas y razona termodinámicamente, analizando sus capas de valencia, si los iones divalentes X^{2+} , Y^{2+} y Z^{2-} serían estables en la naturaleza o tenderían a otra configuración iónica de mayor estabilidad.
- (1,25 puntos) Dadas las siguientes tres sustancias sólidas: diamante (C), yodo (I_2) y bromuro de potasio (KBr). Clasifícalas indicando el tipo de enlace o red que conforman. Responda justificadamente: ¿Cuál de ellas presenta la mayor dureza estructural? ¿Cuál es la más blanda? ¿Cuál es la única capaz de conducir la corriente eléctrica cuando se encuentra disuelta en agua?

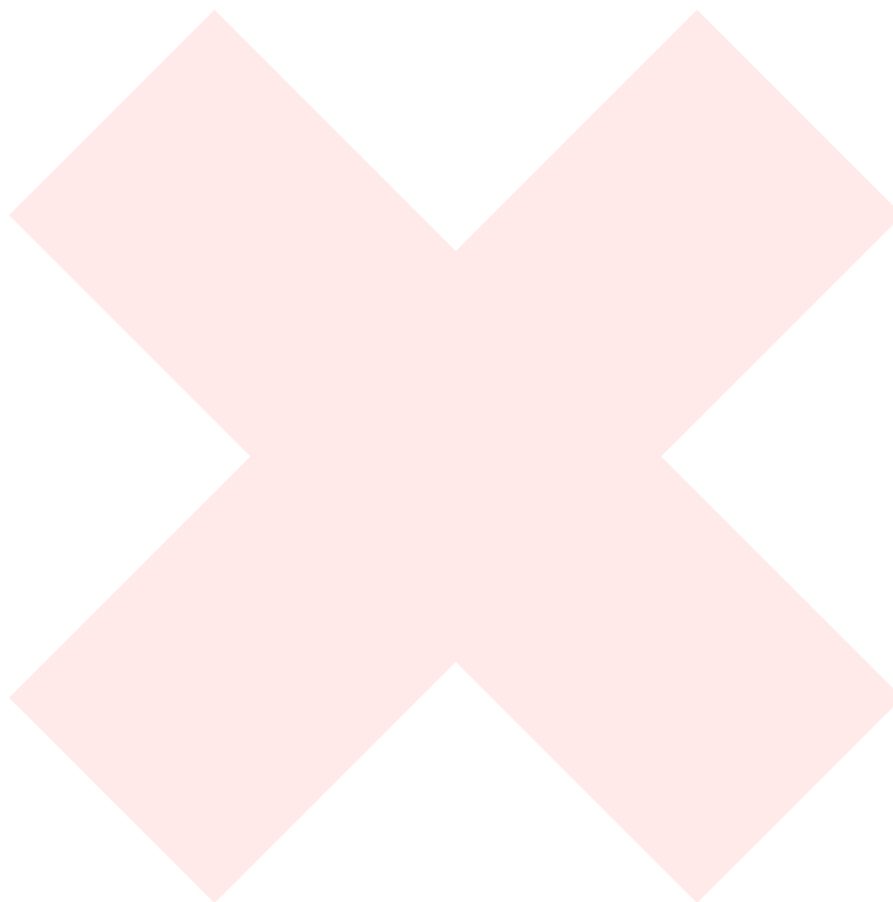
4A) Responda a las siguientes cuestiones teóricas avanzadas sobre la metodología científica y la metrología instrumental:

- (0,75 puntos) Explique la diferencia conceptual entre una "ley empírica" y una "teoría científica". Analice por qué el acto histórico de Dmitri Mendeléyev de dejar huecos en blanco en su sistema periódico consolidó el método científico moderno como una herramienta predictiva y no meramente descriptiva.
- (0,75 puntos) En el contexto de la instrumentación analítica (como un espectrómetro de masas), defina rigurosamente los conceptos de *exactitud* y *precisión*. ¿Es termodinámicamente posible que un aparato sea extremadamente preciso pero carezca de exactitud? Justifique su respuesta proponiendo un ejemplo.
- (1 punto) Defina la naturaleza de los errores experimentales (aleatorios y sistemáticos). Si un investigador calibra erróneamente el cero de una balanza analítica registrando siempre una masa extra, ¿qué tipo de error comete? ¿Lograría minimizar la incertidumbre de este sesgo si repite la medición cien veces y calcula la media aritmética? Razónelo estequiométricamente.

4B) Responda a las siguientes cuestiones teóricas de síntesis sobre la evolución de los modelos atómicos y la cohesión de la materia macroscópica:

- (0,75 puntos) El modelo planetario nuclear de Ernest Rutherford presentaba un fallo predictivo letal frente a las leyes del electromagnetismo clásico de Maxwell. Explique detalladamente en qué consistía esta paradoja teórica (el "colapso" del átomo por emisión radiante) y cómo el primer postulado de Niels Bohr logró solucionar este abismo conceptual.

- b) (0,75 puntos) Utilizando el modelo mecánico-cuántico del "mar de electrones", justifique teóricamente por qué los metales (como un hilo de cobre) son excelentes conductores eléctricos en estado sólido, mientras que los compuestos iónicos (como el cloruro de sodio) se comportan como aislantes perfectos en estado cristalino seco y únicamente conducen la corriente al ser fundidos.
- c) (1 punto) Analice la cohesión termodinámica de las sustancias covalentes moleculares frente a las reticulares. Explique rigurosamente, apoyándose en las fuerzas intermoleculares, por qué el metano (CH_4) es un gas volátil apolar, el amoníaco (NH_3) presenta un punto de ebullición anómalamente alto, y una red covalente ininterrumpida como el cuarzo (SiO_2) posee una barrera térmica inmensa volviéndose un sólido refractario.



SOLUCIONARIO Y CRITERIOS DE CORRECCIÓN (SIMULACRO C)

A continuación, se detallan los pasos de resolución y la rúbrica de calificación, exigiendo rigor procedimental y claridad en la justificación teórica, acorde a un nivel de exigencia alto para 1º de Bachillerato.

Pregunta 1 (Obligatoria)

- **a) Respuesta correcta: ii. La emisión de energía en forma de radiación electromagnética.**
 Cuando un electrón decae de un nivel excitado superior ($4s^1$) a un nivel fundamental inferior de menor energía ($3s^1$), el principio de conservación obliga a disipar la diferencia de energía emitiendo un fotón.

- **b) Cálculo de los errores relativos ($\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{\text{Valor Real}} \cdot 100$):**

- Viaducto: $\epsilon_r = \frac{0,3}{236,0} \cdot 100 = \mathbf{0,13\%}$.

- Coche: $\epsilon_r = \frac{2}{485} \cdot 100 = \mathbf{0,41\%}$.

Dado que a menor porcentaje de error relativo corresponde una mayor fiabilidad y precisión ponderada, la medida que tiene **más calidad empírica es la del viaducto**.

- **c) Conversión en cadena mediante el uso riguroso de factores de conversión:**

$$0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = \mathbf{8,31} \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Nota: $1 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3 \equiv 1 \text{ Julio (J)}$.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- *1a (0,5 pts):* 0,5 pts por marcar la emisión de radiación.
- *1b (1 pt):* 0,35 pts por cada cálculo del error relativo. 0,30 pts por concluir y justificar que el viaducto tiene mejor calidad de medida.
- *1c (1 pt):* 0,5 pts por el planteamiento encadenado de fracciones. 0,5 pts por el resultado final (8,31).

Pregunta 2A

- **a)** Primero se obtiene la longitud de onda de la radiación absorbida ($\Delta E = 4,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$) utilizando la ecuación de Planck ($\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$):

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 4,32 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Sustituimos en la ecuación de Rydberg aislando n_1 con $n_2 = 5$:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{4,32 \cdot 10^{-7}} = 1,097 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$2314814 = 1,097 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - 0,04 \right) \Rightarrow \frac{2314814}{1,097 \cdot 10^7} = \frac{1}{n_1^2} - 0,04$$

$$0,211 = \frac{1}{n_1^2} - 0,04 \Rightarrow 0,251 = \frac{1}{n_1^2} \Rightarrow n_1^2 \approx 4 \Rightarrow n_1 = \mathbf{2}$$

- b) Para hallar las líneas totales, enumeramos los descensos posibles desde $n = 5$ sumando las combinaciones en cascada: Desde $n = 5$: saltos a $n = 1, n = 2, n = 3, n = 4$ (4 rayas).
Desde $n = 4$: saltos a $n = 1, n = 2, n = 3$ (3 rayas).
Desde $n = 3$: saltos a $n = 1, n = 2$ (2 rayas).
Desde $n = 2$: salto a $n = 1$ (1 raya).
Total: $4 + 3 + 2 + 1 = 10$ rayas espectrales diferentes.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- 2Aa (1,25 pts): 0,5 pts por calcular λ correctamente. 0,75 pts por el despeje algebraico de n_1 en Rydberg.
- 2Ab (1,25 pts): 0,5 pts por el resultado (10 líneas). 0,75 pts por justificar el conteo de la cascada de niveles.

Pregunta 2B

- a) La energía de ionización de 418 kJ se refiere a un mol entero de átomos. Para un solo fotón incidente, calculamos la energía umbral dividiendo entre el Número de Avogadro ($N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$):

$$E_{\text{fotón}} = \frac{418000 \text{ J/mol}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos/mol}} = 6,94 \cdot 10^{-19} \text{ J/átomo}$$

La frecuencia requerida (ν) se deduce de la relación de Planck ($E = h\nu$):

$$\nu = \frac{6,94 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}} = 1,05 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

- b) Al ser inversamente proporcionales, la radiación visible de mayor energía (mayor frecuencia) es la que posee la menor longitud de onda, es decir, $\lambda = 450 \text{ nm}$ ($450 \cdot 10^{-9} \text{ m}$).

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} = 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Transformamos a electronvoltios ($1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$):

$$E = \frac{4,42 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}} = 2,76 \text{ eV}$$

Conclusión: Puesto que 2,76 eV es manifiestamente menor que los 7,65 eV requeridos, **no es posible** ionizar un átomo de magnesio con luz visible; se requeriría radiación ultravioleta mucho más energética.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- 2Ba (1,25 pts): 0,75 pts por aplicar el Número de Avogadro para la energía por átomo. 0,5 pts por la frecuencia.
- 2Bb (1,25 pts): 0,5 pts por elegir 450 nm y calcular E en Julios. 0,25 pts por convertir a eV. 0,5 pts por la justificación comparativa (no se ioniza).

Pregunta 3A

- a) Identificación mediante el análisis cruzado de pistas:
 - **Elemento A:** Metal de transición (+4). Necesita capa d incompleta, lo que descarta a los otros; es $Z = 40$ ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^2$). **Circonio (Zr).**

- **Elemento B:** Gas extremadamente inerte. Debe tener capa cerrada de valencia, por tanto es $Z = 10$ ($1s^2 2s^2 2p^6$). **Neón (Ne)**.
 - **Elemento C:** Forma molécula covalente C_2 y enlaces iónicos con metales. Corresponde a un no metal halógeno muy electronegativo: $Z = 9$ ($1s^2 2s^2 2p^5$). **Flúor (F)**.
 - **Elemento D:** Al formar compuesto iónico binario (DC) con el Flúor, debe ser fuertemente electropositivo. Queda $Z = 3$ ($1s^2 2s^1$). **Litio (Li)**.
- b) Análisis estricto de números cuánticos:
- $1s^2 2s^2 2p^7 3s^1$: Es un estado **físicamente imposible**. El subnivel p ($l = 1$) posee únicamente 3 orbitales magnéticos ($m = -1, 0, +1$). Por el Principio de Exclusión de Pauli (máximo 2 electrones por orbital), su aforo máximo inquebrantable es de 6 electrones. No puede existir un orbital $2p^7$.
 - $1s^2 2s^2 2p^5 2d^1 3s^2$: Es un estado **físicamente imposible**. Para el nivel cuántico principal $n = 2$, el número azimutal l solo puede tomar valores de 0 hasta $(n - 1)$, es decir, 0 y 1 (subniveles s y p). El subnivel $2d$ ($l = 2$) contraviene la mecánica cuántica y no existe.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- **3Aa (1,25 pts):** 0,31 pts por cada elemento justificado correctamente con Z , configuración y símbolo.
- **3Ab (1,25 pts):** 0,625 pts por el análisis del $2p^7$ (Pauli/aforo). 0,625 pts por el análisis del $2d^1$ (restricción del número l).

Pregunta 3B

- a) Análisis de estabilidad de iones:
- X ($Z = 13$, Aluminio): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. Tiene 3 electrones de valencia. El catión X^{2+} es **inestable**, puesto que le seguiría sobrando 1 electrón en el nivel 3 para vaciar su capa. Su ion estable es el Al^{3+} .
 - Y ($Z = 20$, Calcio): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$. Tiene 2 electrones de valencia. El catión Y^{2+} es **muy estable**, ya que al perder los dos $4s$ adquiere configuración isoelectrónica de gas noble (Argón).
 - Z ($Z = 35$, Bromo): $1s^2 \dots 4s^2 4p^5$. Tiene 7 electrones de valencia. El anión Z^{2-} es **inestable** e inviable, ya que para cerrar octeto solo necesita ganar 1 electrón. Su ion natural estable es el bromuro Br^- .
- b) Tipología y propiedades:
- **Diamante (C):** Red covalente cristalina tridimensional. Presenta enlaces atómicos interconectados, siendo la sustancia de **mayor dureza**.
 - **Yodo (I_2):** Sólido molecular (enlaces covalentes internos, pero fuerzas de dispersión intermoleculares muy débiles entre moléculas). Es la sustancia **más blanda**.
 - **Bromuro de potasio (KBr):** Red cristalina iónica. Es la única sustancia que, al disociarse en el agua liberando cargas móviles (K^+ y Br^-), es **capaz de conducir la corriente eléctrica en disolución**.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- **3Ba (1,25 pts):** 0,40 pts por cada justificación. Se exige vincular el salto de carga a la regla del octeto/estabilidad de capa cerrada.
- **3Bb (1,25 pts):** 0,40 pts por cada sustancia (clasificación del tipo de enlace + asignación de la propiedad exigida).

Pregunta 4A

- **a) Ley Empírica vs Teoría Científica:** Las **leyes empíricas** son formulaciones o relaciones matemáticas que describen comportamientos observados sistemáticamente (qué sucede), mientras que las **teorías científicas** proporcionan un marco conceptual robusto que explica los motivos subyacentes de dichos fenómenos (por qué sucede).

Mendeléyev, al dejar huecos en blanco para el Galio o el Germanio, demostró que la ordenación no era un mero catálogo de datos existentes, sino un sistema subyacente regido por leyes profundas de la materia. Este acto exigía que el método científico **predijera** la masa y propiedades de elementos aún no descubiertos, validando la periodicidad al confirmarse sus predicciones años después.

- **b) Exactitud vs Precisión:** La **exactitud** define el grado de concordancia o acercamiento entre el valor experimental medido y el valor real o estandarizado de la magnitud. La **precisión** cuantifica la reproducibilidad o proximidad entre distintas mediciones de una misma variable bajo las mismas condiciones (baja dispersión estadística).

Sí es posible. Por ejemplo, un espectrómetro de masas (o una balanza analítica) mal calibrado de fábrica (.error de cero") puede ofrecer valores idénticos en 10 repeticiones sucesivas (precisión extremadamente alta, nula dispersión), pero todos esos valores estarán desviados de la masa real del isótopo (nula exactitud) debido al sesgo sistemático constante.

- **c) Tipología de Errores:** Los **errores aleatorios** son fluctuaciones imprevisibles del medio, mientras que los **errores sistemáticos** son sesgos continuados que falsean las lecturas siempre en la misma dirección (ej. mala calibración del cero).

El investigador comete un **error sistemático** ineludible.

Al repetir la medición 100 veces y calcular la media aritmética, **no lograría minimizar el sesgo** de la calibración, ya que la media neutraliza estadísticamente las oscilaciones de los errores aleatorios, pero arrastrará matemáticamente íntegro el desfase sistemático constante introducido por el instrumento defectuoso.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- **4Aa (0,75 pts):** 0,35 pts por diferenciar entre Ley (descriptiva) y Teoría (explicativa). 0,40 pts por explicar el valor predictivo de los huecos de Mendeléyev.
- **4Ab (0,75 pts):** 0,25 pts por cada definición técnica. 0,25 pts por la viabilidad del instrumento mal calibrado.
- **4Ac (1 pt):** 0,25 pts por las definiciones. 0,25 pts por identificar el error sistemático. 0,5 pts por argumentar sólidamente que la media aritmética no purga los errores sistemáticos.

Pregunta 4B

- **a) Paradoja de Rutherford y solución de Bohr:** Según la electrodinámica clásica de Maxwell, toda carga acelerada (como un electrón orbitando el núcleo bajo aceleración centrípeta constante) debe emitir continuamente energía en forma de radiación electromagnética. Esta pérdida constante de energía haría que el electrón describiera una espiral hacia el centro hasta colisionar, condenando al átomo de Rutherford a la **autodestrucción termodinámica instantánea**.

Niels Bohr salvó esta paradoja imponiendo de facto la cuantización mediante su primer postulado: **los electrones giran en órbitas estacionarias permitidas (cuantizadas por n) donde, contradiciendo a Maxwell, no disipan radiación termodinámica alguna**, otorgando estabilidad orbital a la materia.

- **b) Conductividad en Metales vs. Redes Iónicas:** En el modelo del "**mar de electrones**" metálico, la compactación esférica de cationes s y d se encuentra bañada por un océano continuo de electrones de valencia que gozan de extraordinaria **deslocalización y libertad perimetral**,

lo que permite canalizar la carga eléctrica en el sólido sin resistencia al aplicar un diferencial de potencial.

Por el contrario, en una **red iónica** (como $NaCl$), la electronegatividad fija rígidamente los iones Na^+ y Cl^- en nodos inamovibles del mallado sólido cristalino, bloqueando el tránsito eléctrico. Solo al aplicar calor (**fase fundida**), el retículo se desmorona, otorgando **movilidad traslacional** a los iones libres para vehicular la electricidad.

■ c) **Cohesión y Fuerzas Intermoleculares:**

- **Metano (CH_4):** Al ser una molécula orgánica altamente simétrica, su hiperdensidad electrónica es uniforme, resultando en un compuesto **apolar**. La baja cohesión derivada de sus ínfimas fuerzas intermoleculares de dispersión de London (débiles) justifica que sea un gas a temperatura ambiente.
- **Amoníaco (NH_3):** Presenta un átomo diminuto pero extremadamente electronegativo (Nitrógeno) anclado a hidrógenos. Esta asimetría forma dipolos permanentes y facilita la formación de **fuertes puentes de hidrógeno**, blindando cohesivamente la masa líquida e incrementando exponencialmente la barrera para la ebullición frente al CH_4 .
- **Cuarzo (SiO_2):** A diferencia de las sustancias moleculares, los silicatos conforman **redes covalentes**. Se nuclea una macroestructura tridimensional geométrica ininterrumpida de enlaces primarios sumamente fuertes que interconectan la masa total. Romper este estado implica escindir enlaces químicos formales masivos (y no meras fuerzas intermoleculares), dotándolo de una **descomunal refractariedad térmica y dureza solidificada**.

Rúbrica de calificación (2,5 puntos en total):

- **4Ba (0,75 pts):** 0,40 pts por explicar el colapso radiante clásico (aceleración de cargas). 0,35 pts por citar las órbitas estacionarias (sin emisión) de Bohr.
- **4Bb (0,75 pts):** 0,35 pts por relacionar la conducción a la deslocalización del mar de e^- . 0,40 pts por contrastar la fijeza iónica sólida frente a su movilidad en estado fundido.
- **4Bc (1 pt):** 0,25 pts por explicar la apolaridad/fuerzas de London en el Metano. 0,35 pts por argumentar los puentes de H en el Amoníaco. 0,40 pts por distinguir estructuralmente la red covalente macrocristalina ininterrumpida del Cuarzo.