

INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN

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

- Responda a la pregunta 1 (Obligatoria).
- 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: 55 minutos. Cada pregunta tiene una calificación máxima de 2,5 puntos.

1) Responda justificadamente a las siguientes cuestiones de conceptos fundamentales:

- a) (0,5 puntos) **Pregunta tipo test.** El modelo atómico que introduce por primera vez la idea de que los electrones únicamente pueden describir rotaciones en unas órbitas circulares concéntricas fijas definidas por un número cuántico principal (n) es:
- I. El modelo del pudín de pasas de J.J. Thomson.
 - II. El modelo planetario de Ernest Rutherford.
 - III. El modelo de niveles cuantizados de Niels Bohr.
 - IV. La teoría atómica de John Dalton.
- b) (1 punto) Al medir la masa de una esfera metálica en el laboratorio con una balanza digital obtenemos un valor de 52,75 g, sabiendo que su masa real exacta es 52,65 g. Calcula el error absoluto y el error relativo de esta medida.
- c) (1 punto) Identifica el grupo y periodo del elemento con configuración electrónica de la capa de valencia $3s^2 3p^5$. Formula el compuesto iónico más probable que formaría este elemento al combinarse con Magnesio ($Z = 12$) e indica la electrovalencia de cada uno.

2A) En el espectro de emisión del átomo de hidrógeno, se produce un salto electrónico desde un estado excitado en el nivel $n = 5$ al nivel inferior $n = 2$. Calcule:

- a) (1,25 puntos) La longitud de onda (λ) de la radiación asociada a esta transición, expresada en metros y en nanómetros (nm).
- b) (1,25 puntos) La variación de energía (ΔE) correspondiente a la transición en Julios y la frecuencia de la radiación emitida en Hz.

Datos: $R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

2B) El vanadio (número atómico $Z = 23$) se encuentra en la naturaleza formando de manera estable dos isótopos cuyas masas atómicas son, respectivamente, 50,00 u y 51,00 u.

- a) (1 punto) Determine rigurosamente el número de protones y de neutrones que posee cada uno de los dos isótopos en su núcleo.
- b) (1,5 puntos) Sabiendo que la masa atómica ponderada (la que aparece en la tabla periódica oficial) del vanadio es igual a 50,94 u, calcule matemáticamente la abundancia relativa (en porcentaje) de ambos isótopos en la naturaleza.

3A) En el laboratorio disponemos de muestras puras de las siguientes cuatro sustancias: amoníaco (NH_3), cloruro de potasio (KCl), hierro (Fe) y metano (CH_4). En función de sus tipos de enlace, justifique:

- (0,75 puntos) El tipo de enlace químico o fuerza que mantiene unidos a los átomos o iones en cada una de las cuatro sustancias.
- (0,75 puntos) Cuál o cuáles de ellas son capaces de conducir la corriente eléctrica en estado sólido, y cuál o cuáles solo son conductoras cuando se encuentran fundidas o en disolución acuosa.
- (1 punto) Por qué el NH_3 tiene un punto de ebullición sustancialmente más alto que el CH_4 , a pesar de que ambas moléculas presentan masas moleculares isoméricas similares.

3B) Considera tres elementos desconocidos de la tabla periódica cuyos números atómicos son $Z_A = 9$, $Z_B = 10$ y $Z_C = 20$.

- (1 punto) Escribe la configuración electrónica del estado fundamental de cada uno de ellos, indicando a qué grupo pertenecen e identificando su símbolo químico real.
- (0,75 puntos) Justifica termodinámicamente si los elementos A, B y C formarán algún ion monoatómico estable e indica la carga neta de dichos iones.
- (0,75 puntos) Propón y formula un compuesto iónico lógico formado por la combinación binaria de dos de los elementos mencionados, explicando el balance de electrones.

4A) Resuelva las siguientes cuestiones sobre tratamiento de datos experimentales y unidades:

- (1 punto) Utilizando factores de conversión en un solo paso matemático, transforme una velocidad de 136 km/h a m/s, y una densidad de 2,85 g/L a kg/m³.
- (0,75 puntos) Expresa las siguientes cantidades obligatoriamente con **tres** cifras significativas y empleando la notación científica estándar: 84 000 000 000 y 0,000075.
- (0,75 puntos) Al verificar la ley de Hooke, si representamos gráficamente la Fuerza (y) frente al alargamiento del muelle (x), obtenemos una recta lineal. ¿Qué significado físico tiene la constante k o pendiente de dicha recta y cuáles serían sus unidades en el SI?

4B) A lo largo de la historia, la concepción del átomo ha evolucionado gracias a hitos experimentales fundamentales.

- (0,75 puntos) ¿Por qué afirmamos hoy en día que la concepción de Dalton sobre el átomo como una partícula indivisible es incorrecta? ¿Qué partículas elementales obligaron a revisar su teoría?
- (0,75 puntos) Explique brevemente en qué consistió el experimento de la lámina de oro de Ernest Rutherford y qué revolucionaria conclusión sobre la distribución de masa y carga del átomo dedujo al observar que algunas partículas alfa rebotaban.
- (1 punto) Para observar átomos excitados empleamos radiación. Si un fotón de luz azul tiene una energía de $4,40 \cdot 10^{-19}$ J, calcule su longitud de onda (λ) asociada. Datos: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J · s; $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

SOLUCIONARIO Y CRITERIOS DE CORRECCIÓN

A continuación, se detallan los pasos de resolución esperados y la rúbrica de calificación para garantizar una corrección objetiva y alineada con los estándares de 1º de Bachillerato.

Pregunta 1 (Obligatoria)

- **a) Respuesta correcta: iii. El modelo de niveles cuantizados de Niels Bohr.** Fue Bohr en 1913 quien introdujo el postulado de que los electrones rotan sin disipar energía en órbitas concéntricas fijas cuantizadas por el número n .
- **b) Cálculo de errores:**
 Error absoluto (ϵ_a) = Valor aproximado – Valor real = 52,75 g – 52,65 g = **0,10 g**.
 Error relativo (ϵ_r) = $\frac{|\epsilon_a|}{\text{Valor real}} = \frac{0,10}{52,65} = 0,001899$.
 Multiplicando por 100 para darlo en porcentaje: $\epsilon_r = \mathbf{0,19\%}$. Al ser un error relativo muy bajo, la medida tiene gran calidad.
- **c) La configuración $3s^2 3p^5$ corresponde a un elemento del **Periodo 3** (por el nivel $n = 3$) y **Grupo 17** (por tener 7 electrones de valencia), es decir, pertenece a los halógenos (es el Cloro).
 Al combinarse con el Magnesio (Grupo 2, que pierde 2 electrones formando Mg^{2+} , electrovalencia +2), el halógeno gana 1 electrón para completar el octeto (electrovalencia -1). Se necesitan dos átomos del halógeno (Cl) por cada Mg, formando el compuesto $MgCl_2$.**

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

- **1a (0,5 pts):** 0,5 pts por marcar la opción correcta.
- **1b (1 pt):** 0,5 pts por el cálculo y unidades del error absoluto. 0,5 pts por el error relativo y su justificación.
- **1c (1 pt):** 0,25 pts por el periodo y grupo. 0,25 pts por identificar las electrovalencias correctas. 0,5 pts por la fórmula química final ($MgCl_2$).

Pregunta 2A

- **a) Aplicamos la ecuación empírica de Rydberg:**

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Donde $n_1 = 2$ y $n_2 = 5$ (n_1 es siempre el nivel de menor energía en esta formulación para que λ sea positiva).

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 1,097 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) = 1,097 \cdot 10^7 \cdot (0,21) = 2303700 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{1}{2303700} = 4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{434 \text{ nm}}$$

- **b) Para la energía del fotón emitido, usamos la ecuación de Planck ($E = \frac{hc}{\lambda}$):**

$$\Delta E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 4,58 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Para la frecuencia ($\nu = \frac{c}{\lambda}$ o $\nu = \frac{\Delta E}{h}$):

$$\nu = \frac{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,34 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,91 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

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

- *2Aa (1,25 pts)*: 0,5 pts por plantear bien la ecuación de Rydberg. 0,5 pts por el resultado en metros. 0,25 pts por la conversión a nm.
- *2Ab (1,25 pts)*: 0,75 pts por el cálculo de la energía. 0,5 pts por la frecuencia. Penalización de -0,25 general si faltan unidades (J , Hz).

Pregunta 2B

- a) Ambos isótopos tienen idéntico número atómico, $Z = 23$, por lo que ambos tienen **23 protones** y 23 electrones (al ser neutros).
Para el isótopo de $A = 50$: Neutrones = $A - Z = 50 - 23 = \mathbf{27 \text{ neutrones}}$.
Para el isótopo de $A = 51$: Neutrones = $A - Z = 51 - 23 = \mathbf{28 \text{ neutrones}}$.
- b) Llamamos x a la abundancia relativa (en %) del isótopo de 50 u. Por tanto, la abundancia del isótopo de 51 u será $(100 - x)$. Aplicamos la fórmula de la masa atómica ponderada:

$$M_{media} = \frac{M_1 \cdot \%_1 + M_2 \cdot \%_2}{100}$$

$$50,94 = \frac{50,00 \cdot x + 51,00 \cdot (100 - x)}{100}$$

$$5094 = 50,00x + 5100 - 51,00x$$

$$-6 = -1,00x \implies x = \mathbf{6,00 \%}$$

Por lo tanto, la abundancia es **6 % para el isótopo de 50 u** y **94 % para el isótopo de 51 u**.

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

- *2Ba (1 pt)*: 0,5 pts por indicar que los protones son 23 en ambos. 0,5 pts por restar correctamente los neutrones (27 y 28).
- *2Bb (1,5 pts)*: 0,75 pts por establecer correctamente el sumatorio ponderado igualado a la masa de la tabla. 0,75 pts por el despeje algebraico y el resultado final claro.

Pregunta 3A

- a) NH_3 : Enlace covalente polar (molécula discreta). KCl : Enlace iónico (red cristalina catión-anión). Fe : Enlace metálico (red de cationes en un mar de electrones). CH_4 : Enlace covalente apolar (molécula discreta).
- b) Conducen en estado sólido: El **Hierro** (Fe), debido a la gran movilidad de los electrones deslocalizados en su red metálica.
Conducen fundidos o disueltos, pero no en sólido: El **Cloruro de potasio** (KCl), porque en la red sólida los iones están fijos, pero al fundirse o disolverse, las cargas iónicas ganan movilidad.
- c) Aunque NH_3 y CH_4 son moléculas de tamaño similar, el NH_3 presenta fuertes fuerzas intermoleculares por **puentes de hidrógeno** (al tener un átomo muy electronegativo, N, enlazado a H). El CH_4 es una molécula totalmente apolar (por su geometría simétrica) y solo presenta fuerzas de dispersión de London muy débiles, lo que hace mucho más fácil separar sus moléculas al hervir.

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

- *3Aa (0,75 pts)*: 0,18 pts por cada tipo de enlace correctamente asignado.
- *3Ab (0,75 pts)*: 0,35 pts por el Hierro y su justificación. 0,40 pts por el KCl y la diferencia entre la red sólida y fluida.
- *3Ac (1 pt)*: 0,5 pts por identificar la presencia de puentes de hidrógeno en el amoníaco. 0,5 pts por razonar la apolaridad y baja cohesión del metano.

Pregunta 3B

- a) Elemento A ($Z = 9$): $1s^2 2s^2 2p^5$. Grupo 17 (halógeno). **Flúor (F)**.
Elemento B ($Z = 10$): $1s^2 2s^2 2p^6$. Grupo 18 (gas noble). **Neón (Ne)**.
Elemento C ($Z = 20$): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$. Grupo 2 (alcalinotérreo). **Calcio (Ca)**.
- b) El elemento A (Flúor) necesita un electrón para completar el octeto; forma el anión F^- (carga -1).
El elemento B (Neón) ya posee el octeto completo (configuración $ns^2 np^6$ muy estable); **no forma iones estables** por ser muy inerte.
El elemento C (Calcio) necesita perder dos electrones de la capa de valencia para alcanzar estabilidad de gas noble; forma el catión Ca^{2+} (carga +2).
- c) El compuesto iónico lógico se formará entre el metal C (catión Ca^{2+}) y el no metal A (anión F^-). Puesto que el calcio cede dos electrones y el flúor solo puede captar uno, se necesitan dos átomos de flúor por cada átomo de calcio. La fórmula es CaF_2 .

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

- 3Ba (1 pt): 0,33 pts por cada elemento (configuración correcta, grupo y símbolo).
- 3Bb (0,75 pts): 0,25 pts por cada razonamiento de los iones (o su ausencia en el caso del Neón).
- 3Bc (0,75 pts): 0,25 pts por elegir los elementos C y A. 0,50 pts por justificar el balance de cargas y proporcionar la fórmula CaF_2 .

Pregunta 4A

- a) **Factores de conversión:**
 $136 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \mathbf{37,8 \text{ m/s.}}$
 $2,85 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = \mathbf{2,85 \text{ kg/m}^3.}$
- b) **Cifras significativas y notación científica:**
 $84000000000 \rightarrow 8,40 \cdot 10^{10}$ (Al obligar a 3 CS, añadimos el cero decimal).
 $0,000075 \rightarrow 7,50 \cdot 10^{-5}$ (Añadimos el cero para forzar la tercera cifra significativa).
- c) **Ley de Hooke y Método Científico:** La pendiente k representa físicamente la **constante recuperadora del muelle**, es decir, su dureza o rigidez. Sus unidades en el SI son **N/m** (Newtons por metro).

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

- 4Aa (1 pt): 0,5 pts por cada conversión demostrando el uso de factores estructurados.
- 4Ab (0,75 pts): 0,375 pts por cada número. Si no se fuerzan las 3 cifras significativas, la puntuación se reduce a la mitad.
- 4Ac (0,75 pts): 0,5 pts por el concepto de rigidez/constante recuperadora. 0,25 pts por las unidades correctas (N/m).

Pregunta 4B

- a) La concepción de Dalton es incorrecta porque a finales del siglo XIX y principios del XX los experimentos en tubos de descarga evidenciaron la existencia de **partículas subatómicas** (los electrones, descubiertos por J.J. Thomson). El modelo que introdujo estas partículas incrustadas en una esfera positiva fue el **modelo del pudín de pasas** de Thomson.
- b) Rutherford bombardeó una fina lámina de oro con núcleos cargados positivamente (partículas alfa). Aunque la mayoría atravesaba la lámina, una pequeñísima fracción experimentaba fuertes

desviaciones hacia atrás. Esto le llevó a concluir que la mayor parte del átomo es un espacio vacío, y que toda la carga positiva y la gran mayoría de la masa están confinadas en un núcleo central ínfimo.

- c) La energía del fotón se relaciona con su frecuencia y longitud de onda mediante la ecuación de Planck ($E = \frac{hc}{\lambda}$):

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{4,40 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 4,52 \cdot 10^{-7} \text{ m (o 452 nm)}$$

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

- *4Ba (0,75 pts):* 0,5 pts por nombrar la partícula (electrón) como evidencia en contra de la indivisibilidad. 0,25 por citar a Thomson/Pudín de pasas.
- *4Bb (0,75 pts):* 0,40 pts por explicar brevemente el experimento. 0,35 por extraer la conclusión del núcleo denso positivo y el vacío.
- *4Bc (1 pt):* 0,5 pts por aislar correctamente λ de la ecuación de Planck. 0,5 pts por el resultado matemático y unidades.