

TEST DE QUÍMICA CON ENUNCIADOS FORMATIVOS

Átomo 2. Átomo cuántico (solución)

20. Luis de Broglie leyó en la Sorbona (París), su tesis doctoral revolucionaria sobre la teoría corpúsculo ondulatoria, el 25 de noviembre de 1924, y el presidente de su tribunal, Jean Perrin, también había sido un físico revolucionario en su día, al proponer su modelo atómico planetario, todavía antes que Thomson, diera a conocer el suyo. Sin embargo nadie le hizo caso, lo que no le ocurrirá a De Broglie, cuya teoría:
- Explicará el comportamiento de los cuantos de luz
 - Servirá de base a la teoría ondulatoria del electrón
 - Justificará un nuevo modelo atómico
 - Se empleará necesariamente a cualquier tipo de partícula en movimiento
- INDIQUE LO QUE NO SEA.**

SOLUCIÓN:

Si se observa los cuadros de relaciones (CuadRFQ1 y CuadRFQ2) de la sección, la respuesta válida es la d, puesto que sólo se puede aplicar la teoría corpúsculo ondulatoria a partículas subatómicas

21. Luis de Broglie, destinado por su noble familia, a ser político (estudió Historia en La Sorbonne de París). Le tomó gustillo a la Física, cuando su hermano, lo llevó en 1911, al primer congreso Solvay, del que era secretario. Allí se reunió la flor y nata de la ciencia europea; estaba Einstein, Curie, Lorentz, Planck, Sommerfeld y Rutherford, entre otros. Precisamente Einstein había terminado de aclarar la naturaleza corpuscular de la luz, al explicar el efecto fotoeléctrico. Trece años más tarde, al justificar la naturaleza corpúsculo-ondulatoria de la luz, complementará el trabajo de Einstein. Según De Broglie, la longitud de onda asociada a una partícula en movimiento era:
- Inversamente proporcional a su velocidad
 - Directamente proporcional a su masa
 - Dependía de la constante de Planck
 - Era inversamente proporcional a su masa
- INDIQUE LO QUE NO SEA**

SOLUCIÓN:

Si se observa el cuadro de relaciones (CuadRFQ1 y CuadRFQ2) de la sección y se aplica la fórmula, la respuesta válida es la b, puesto que $\lambda = \frac{h}{mv}$

22. Existe gran discrepancia en qué es lo que fue antes: Mecánica cuántica o Mecánica ondulatoria. Realmente este último término ya aparece en los trabajos previos a la tesis de De Broglie, de 1924, antes de su desarrollo en 1926. De Broglie, Nobel de Física de 1929, nada menos que apoyado por doce famosos científicos (hecho verdaderamente inusual), tuvo el acierto de reforzar a partir del concepto dual, las propias teorías de Bohr y Sommerfeld, dado que:
- En un estado estacionario debería haber un número entero de longitudes de onda
 - Llega a través de las ondas a la cuantización del momento angular
 - Explica la naturaleza elíptica de las órbitas electrónicas
 - Justifica el número cuántico de Bohr
- INDIQUE LO QUE NO SEA**

SOLUCIÓN:

Si se observa el CuadRFQ2 de la sección correspondiente, en esta misma página, se admitirá como correctas las propuestas a, b y d. Por lo tanto la incorrecta es la c. Se puede llegar fácilmente al llamado segundo postulado de Bohr, a través de la relación $\lambda = \frac{h}{mv}$, teniendo en cuenta la condición de órbita estacionaria para De Broglie, o

sea que $2\pi r = n\lambda$. Despejando λ en esta ecuación y llevándola a la primera, se tendría que $mvr = n \frac{h}{2\pi}$, siendo n el número cuántico principal o de Bohr, y también el número de longitudes de onda de la órbita estacionaria.

23. Uno de los problemas que mantuvieron dura pugna entre los científicos durante 3 siglos fue la explicación de la naturaleza de la luz. Mientras unos la suponían corpuscular, otros reafirmaban su característica ondulatoria, y todos aportaban pruebas y experimentos que apoyaban sus ideas. Esta rivalidad se mantuvo hasta que surgieron a finales de 1923 en la revista Comptes Rendus, y al año siguiente en la Philosophical Magazine (la revista científica más prestigiosa del momento), unos artículos científicos de Luis de Broglie en los que aunaba ambos comportamientos, que se podrían resumir en que la longitud de onda asociada a la partícula en movimiento (onda de fase) = h/mv , pero sólo era apreciable a medidas atómicas. Según eso, si se aplicase a un balón de fútbol de 800g. que sale de la bota del encargado de lanzar un penalty a 102 km/h, siendo $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s. la longitud de onda asociada sería :
- a) $8,11 \cdot 10^{-39} m$ b) $8,11 \cdot 10^{-36} m$ c) $2,25 \cdot 10^{-36} m$ d) $2,25 \cdot 10^{-39} m$

SOLUCIÓN:

Aplicando la expresión $\lambda = \frac{h}{mv}$, $\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}}{0,8 \text{ kg} \cdot \frac{102 \text{ km}}{h} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{\text{km}} \cdot \frac{h}{3600 \text{ s}}} = 2,25 \cdot 10^{-36} m$ valor perfectamente

despreciable. Por lo cual sólo es válida la respuesta c

24. En el artículo: "Ensayo sobre una teoría sobre los cuantos de luz", publicado por Luis de Broglie, en la Philosophical Magazine, en 1924 se puede leer: "Estamos inclinados a creer que cualquier cuerpo en movimiento debe venir acompañado de una onda y que es imposible separar el movimiento del cuerpo, del de propagación de la onda". La onda así mencionada del electrón del hidrógeno que se mueve con una velocidad v , excitado al nivel 3, deberá tener una longitud de De Broglie λ_{DB} :
- a) $3h$ b) $3mv$ c) $3h/mv$ d) $2mv/3$

SOLUCIÓN:

Si se observa el cuadro de relaciones de la sección, la Energía cinética del electrón $E_c = \frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{n^2} = \frac{mv^2}{2}$

De lo que $v = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{4,36 \cdot 10^{-18}}{m}}$. Por lo tanto la velocidad es inversamente proporcional al número cuántico

principal n , eso quiere decir que la velocidad del electrón en el nivel excitado 3, será $v/3$. Aplicando la relación de

De Broglie, $\lambda_{DB} = \frac{h}{mv} = \frac{3h}{mv}$, que corresponde a la propuesta c

25. Thomson, llamado por muchos J.J.(iniciales de su nombre), recibió en 1908 el Nobel de Física, por el descubrimiento del electrón como partícula de los rayos catódicos y su hijo George, lo consiguió 29 años después por sus experimentos para comprobar el comportamiento de aquél como onda que se basaba en un fenómeno de:
- a) Reflexión b) Refracción c) Difracción d) Polarización

SOLUCIÓN:

Si se observa el cuadro de relaciones (CuadRFQ2) de la sección de la sección, la respuesta válida es la c

26. Pauli y Heisenberg fueron alumnos de Sommerfeld en Munich y después ayudantes de Born en Gotinga, y más tarde colaboradores de Bohr en su institución de Copenhague, y ambos Nobel en 1932 y 1945 respectivamente. Del segundo, conocerá que enunció su:
- a) Principio de Exclusión b) Principio de Incertidumbre
c) Teoría Corpúsculo-ondulatoria d) Teoría orbital del electrón e) Nada de lo dicho.

SOLUCIÓN:

Si se observa el cuadro de relaciones (CuadRFQ2) de la sección correspondiente en esta página, la respuesta válida es la c

27. Pese a que aplicó la teoría cuántica de Planck para resolver y aclarar el efecto fotoeléctrico, que le valdría el Nóbel de Física de 1922, no creía en ella. Por eso acuñó la famosa frase: “*Dios no juega a los dados*”. Efectivamente Einstein no creía en la teoría de las probabilidades aplicada al átomo y al final de su vida le escribía a su amigo Besso que, “aún no tenía una idea clara de lo que eran los cuantos... hoy en día todo el mundo cree que lo sabe pero se equivoca”. Sin embargo Einstein iba en contra de la tendencia científica del momento, encabezada por Heisenberg, que al enunciar su principio de incertidumbre, no sólo abrió una nueva perspectiva a las teorías atómicas, sino que emitió un principio filosófico, ya que:
- a) *Al precisar una medida, la podemos alterar incurriendo en un error mayor*
 - b) *No se podía determinar con precisión y simultáneamente la posición y la velocidad de un electrón*
 - c) *La incertidumbre provocada en una medida tenía como límite la velocidad de la luz*
 - d) *No se podía determinar simultáneamente con precisión la energía y el tiempo de recorrido de un electrón.*

INDIQUE LO QUE NO SEA

SOLUCIÓN:

Si se observa el cuadro de relaciones(CuadRFQ2) de la sección correspondiente en esta página web, la respuesta incorrecta es la c , dado que el límite es h

28. Heisenberg, hijo de un catedrático de filología medieval de la universidad de Munich, era una especie de niño prodigio de salud quebradiza, que siendo adolescente se había leído y estudiado, en una convalecencia, uno de los libros mas importantes sobre la teoría de la relatividad: “Espacio-tiempo y materia” del matemático Weyl, que lo motivó para estudiar la física. Por eso con 18 años, pasó a ser alumno de Sommerfeld, quien le dijo que si algo no entendía de sus explicaciones se lo preguntara a Pauli, que había comenzado un año antes.. Aunque su teoría atómica de matrices, no tuvo mucho éxito, sí lo consiguió con su Principio de Incertidumbre, resumido en la expresión $\Delta p \cdot \Delta x = \frac{h}{2\pi}$, siendo las los incrementos dados, las incertidumbres en la cantidad de movimiento y posición. Si se aplicaba al átomo de hidrógeno cuyo radio experimental era de 53 pm, y siendo la masa del electrón ($9,1 \cdot 10^{-31}$ kg) y la constante de Planck, $h=6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s se podrá asegurar que la velocidad prevista para el electrón en su órbita debería ser en m/s, aproximadamente de:

- a) $1,4 \cdot 10^7$
- b) $1,4 \cdot 10^6$
- c) $1,4 \cdot 10^9$
- d) 1,4
- e) **NADA DE LO DICHO**

SOLUCIÓN:

Si consideramos el tamaño del átomo de hidrógeno, esto es $r=53\text{pm}$, como $53 \cdot 10^{-12}\text{m}=53\text{pm}$, sustituyendo en la relación de incertidumbre(A1.8), tendremos que:

$$\Delta v \geq \frac{h}{mr} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 53 \cdot 10^{-12} \text{ m}} = 1,37 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}, \text{ o sea la respuesta correcta es la a}$$

- 29* Schrödinger, 13 y 14 años mayor que Heisenberg y Pauli, estudió en Viena, y aunque su nombre se le asocia a las teorías atómicas modernas, por introducir la función de onda ψ , en la onda de fase de De Broglie, y en unos coloquios dirigidos por Debye en la Escuela Politécnica de Zurich, en enero de 1926, al explicar la teoría de las ondas de De Broglie que aquél creía cosa de niños, dijo: “Mi colega Debye sugirió que se debía encontrar una ecuación de ondas, pues bien, he encontrado una”. Así surgió la famosa “ecuación de Schrödinger”, en la cual la función de onda ψ :

- a) *Representaba la probabilidad de encontrar un electrón*
- b) *Significaba la densidad de probabilidad*
- c) *Solo era un artificio matemático sin significado físico*
- d) *Era la amplitud de la onda de De Broglie*

INDIQUE LO QUE NO SEA

SOLUCIÓN:

La justificación de las respuestas está en la solución del test siguiente. Son válidas la c y la d.

30. Aunque se atribuye a Max Born, en 1926, la interpretación probabilística de la función de onda, base física a toda la mecánica ondulatoria del electrón, sin embargo sólo recibió el Nobel por ello en 1954, a los 72 años de edad, mucho más tarde que la mayoría de sus discípulos y ayudantes, que con las ideas de su maestro construyeron la teoría orbital, debido a la oposición de Planck, Schrödinger y del mismo De Broglie. A partir de sus ideas se considerará que un orbital atómico es:
- El camino seguido por los electrones*
 - La zona más probable donde se podía encontrar a los electrones*
 - La zona en la que hay el 90% de probabilidad de encontrar a los electrones*
 - El espacio que rodea a los núcleos de los átomos*

SOLUCIÓN:

El orbital atómico sufrió a lo largo de su historia algunas modificaciones. Surgió como solución matemática de la ecuación de ondas de Schrödinger para el átomo de hidrógeno, sólo con valores válidos dependientes de unos números enteros, coincidentes con los números cuánticos de la teoría de Bohr-Sommerfeld, n , l y m , y con un símbolo: Ψ (psi). Posteriormente al darle Born significado físico, asociando a sus valores radiales la probabilidad de encontrar al electrón a una distancia r del núcleo como referencial, fue necesario multiplicarlo por sí mismo, a fin de anular los valores negativos (no existe probabilidad negativa). Más tarde la función Ψ^2 al referirla a un elemento de volumen infinitesimal del espacio dV , alrededor del núcleo, proporcionó la función radial que para el caso del átomo de hidrógeno según los valores de n , l , m , toma la forma dada en la figura 1.12. En ella observamos que la máxima probabilidad de encontrar al electrón del hidrógeno, que es del 58%, se produce precisamente a 53pm, que era el radio de la órbita del electrón del hidrógeno según Bohr. Sin embargo actualmente se suele dibujar como orbital atómico la línea de contorno de la densidad de probabilidad acumulativa aproximada-mente del 90% que para el del hidrógeno, delimita una esfera de radio 140,8pm, que es 2,66 veces el radio de Bohr (si se dibujara como orbital atómico la superficie límite que encerrara el 99% de probabilidad, su radio sería de 220pm). Así, cuando aparece dibujada una circunferencia con el epígrafe orbital 1s, lo que se está indicando es el contorno que encierra el 90% de probabilidad de encontrar a los electrones para unas determinadas condiciones cuánticas, y teniendo siempre en cuenta el principio de exclusión de Pauli. Por lo tanto la respuesta correcta es la c

31. El primer artículo de Schrödinger apareció en 1926, en la revista alemana Annalen der Physik, tal como los primeros trabajos de Einstein, por cuyos manuscritos se llegaron a pagar hasta 6 millones de dólares (esto en 1944). En él, tomaba las ideas de De Broglie y las aplicaba a las ondas, obteniendo una ecuación matemática que cambiaría el mundo de la física del átomo. Esta ecuación permitió:
- Definir los orbitales atómicos*
 - Encontrar los números cuánticos*
 - Determinar a los electrones en los átomos*
 - Explicar los espectros atómicos*

SOLUCIÓN:

La respuesta coincide con la del test anterior, por lo tanto la correcta será la a

32. La incertidumbre del electrón en el átomo, fue expresada por Schrödinger con su célebre paradoja (denostada por la Sociedad Protectora de Animales), llamada "El gato de Schrödinger". En una caja cerrada ponía una fuente de material radiactivo, un contador de radiación que al ponerse en funcionamiento abría un recipiente con cianuro, y un gato vivo. Al cabo de un cierto tiempo, podrías decir que el gato estaba:
- Muerto por la acción del cianuro*
 - Vivo porque jugando estropearía el contador radiactivo*
 - Muerto debido a las radiaciones*
 - No se podría asegurar nada*

SOLUCIÓN:

La paradoja del gato de Schrödinger se utilizó para señalar las diferencias entre los modelos clásicos y cuánticos. La probabilidad de desintegración radiactiva en cierto tiempo es el 50%. En el modelo clásico se podría decir que existe un 50% de probabilidades de que el gato esté vivo. En el mundo cuántico, no se puede asegurar nada, porque no se puede observar. Por eso la respuesta correcta es la d.

- 33* Max Born acuñó el término de Mecánica cuántica, en un seminario celebrado en Gotinga en junio de 1924, y se puede decir que fue su precursor, pero en principio se opuso a las teorías de Schrödinger y Pauli, apoyadas por Sommerfeld. Posteriormente, a partir de 1926, sería su máximo impulsor al considerar que el cuadrado del módulo de la función ψ , debería representar la densidad de probabilidad de los electrones u otras partículas, aclarando y dando sentido físico a las soluciones de la ecuación de Schrödinger. Ahora bien, esta interpretación no es del todo original suya, pues mucho tiempo antes Einstein, había intentado explicar la dualidad de los cuantos de luz, considerando el cuadrado de la amplitud óptica de la onda como la densidad de probabilidad de la existencia de los fotones. La diferencia entre Ψ y ψ^2 estriba en que:
- Ψ tiene significado físico y ψ^2 , no
 - Ψ no tiene significado físico y ψ^2 , si lo tiene
 - Ψ toma valores negativos y ψ^2 , siempre será positivo
 - Ψ está asociado a la probabilidad y ψ^2 , no

INDIQUE LO QUE SEA CORRECTO

SOLUCIÓN:

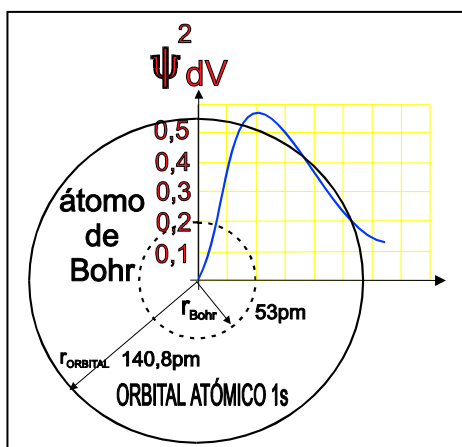
La respuesta correcta se manifiesta leyendo la solución del test 30. Sólo son válidas las propuestas b y c

34. Aunque no te lo creas la segunda guerra mundial se terminó gracias a Niels Bohr, pues Japón firmó su rendición en 1945, a causa del espanto e impacto causado por las explosiones atómicas en Hiroshima y Nagasaki, y éstas se consiguieron, porque Bohr, cuando escapó de Dinamarca, llevó a Estados Unidos toda la documentación proporcionada por Lise Meitner, sobre la fisión nuclear realizada por Hahn, Strassmann y ella misma, en Berlín. Este hecho fue quizá uno de los que más amargaron su vida. Sin embargo su primer éxito fue el determinar teóricamente el radio del hidrógeno a través de su teoría, y comprobar que coincidía con el experimental, de 53pm, aun en la teoría atómica actual. Sin embargo el orbital atómico asignado al electrón 1s del hidrógeno difiere de la primitiva órbita ya que:

- El orbital 1s tiene un contorno esférico
- El tamaño del orbital es mucho mayor que el de la órbita
- Sólo la zona más probable dentro del orbital 1s corresponde a la órbita 1s
- El orbital es más pequeño que la órbita

INDIQUE LAS SOLUCIONES NO VÁLIDAS

SOLUCIÓN:



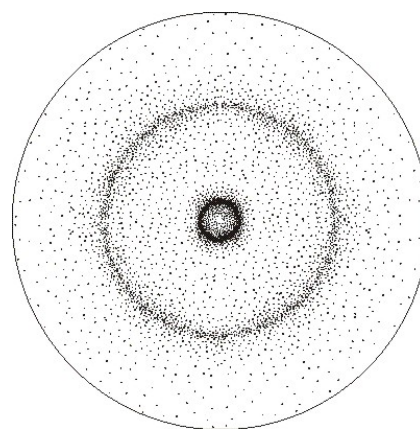
La órbita indica el camino recorrido por electrón, por ejemplo la del H de Bohr una circunferencia de radio 52,9pm, mientras que el orbital es la solución de la ecuación de onda para las condiciones cuánticas del electrón y lo que suele dibujarse, es la superficie de contorno que encierra una probabilidad de encontrar al electrón del 90%, que para el H, en su estado fundamental es una esfera de $r=141 \text{ pm}$. En la figura se compara precisamente la órbita 1s, con el orbital 1s, cuya máxima probabilidad, 0,56 corresponde a una zona situada a una distancia similar al radio de Bohr, o sea 1 bohr=53 pm. Por lo tanto la respuesta d es la incorrecta.

- 35 La forma de los orbitales atómicos depende de los valores que tome l en la resolución de la ecuación de Schrödinger, porque su número indica el de planos nodales que delimitan las zonas de mayor o menor probabilidad. Pero dentro de estas zonas existen otras que corresponden a valores de $\Psi = 0$, denominadas superficies nodales, este número es igual a $n - (l + 1)$, por este motivo un OA 3d, deberá tener :
- 2 planos nodales y 1 superficie nodal
 - 1 plano nodal y 1 superficie nodal
 - 2 planos nodales y ninguna superficie nodal
 - 1 plano nodal y ninguna superficie nodal
 - Nada de lo dicho

SOLUCIÓN

Un OA 3d, corresponde a valores de $n=3$, $l=2$, por lo tanto tiene dos planos nodales, y como las superficies nodales $SN=3-(2+1)=0$, no tiene ninguna superficie nodal. Por lo tanto la respuesta correcta es la c

- 36*. Uno de los modelos mas intuitivos para representar un orbital atómico fue el de nube de carga, en él se representa la situación instantánea de electrón de un átomo como un punto material. De esa forma las zonas mas oscuras representarían aquellas con mayor densidad de carga, y por lo tanto las más probables. En el dibujo se presenta un modelo de nube de carga del orbital atómico 3s, en el plano. De ese dibujo se pueden sacar las conclusiones que en ese orbital hay:
- Dos zonas con mayor probabilidad
 - La probabilidad es similar en todo el contorno del orbital
 - La densidad de carga es mayor en la proximidad del núcleo
 - No tiene ningún plano nodal ni superficie nodal



SOLUCIÓN

Un OA 3s, corresponde a valores de $n=3$, $l=0$, por lo tanto no tiene planos nodales, pero si superficies nodales $SN=3-(0+1)=2$. La zona de mayor densidad e carga corresponde a las oscura, muy próxima al núcleo y separa por su superficie nodal de la otra zona. Por lo tanto las respuestas correctas son a y c

- 37*. Mulliken muy conocido por su teoría de orbitales moleculares y sus medidas de la electronegatividad, fue el que bautizó en 1928 a las funciones de ondas salidas de la ecuación de Schrödinger como orbitales atómicos. Si conoce el 2s y el 2p podrá asegurar que se diferencian en:
- el número de superficies nodales
 - en el tamaño
 - en la forma
 - en el número de planos nodales

SOLUCIÓN:

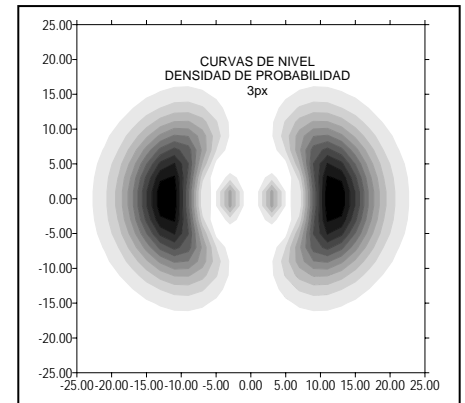
Por lo mencionado en la solución del test anterior el 2s, $l=0$ no tiene planos nodales, mientras que el 2p, $l=1$, tiene un plano nodal, por lo tanto se diferencian en la forma, no así en el tamaño dado que depende sólo de n , el número de superficies nodales es de 1 en el 2s y 0 en el sp. Por lo tanto son válidas las propuestas a, c y d

38. El nombre de plano nodal, o zona nodal, procede de los puntos en los que las ondas estacionarias poseen amplitud nula (nodos), dado que las ondas del electrón como las de las cuerdas o membranas fijas entre puntos, deben cumplir esas condiciones. En las curvas de densidad de probabilidad que se presentan, se podrá asegurar que hay:

- a) Un plano nodal y una superficie nodal
- b) Dos planos nodales y una superficie nodal
- c) Dos planos nodales y ninguna superficie nodal
- d) Un plano nodal y ninguna superficie nodal
- e) Nada de lo dicho

SOLUCIÓN

Según se aprecia en el dibujo existe un plano nodal que coincide con el eje Y (considerando 2 coordenadas), que divide al orbital atómico en dos lóbulos, uno positivo (eje X positivo) y otro negativo y una superficie nodal por cada lóbulo, puesto que su número al ser $n=3, l=1$, es $3-(l+1)=1$.



39. En la figura se presenta la génesis de la línea de contorno de un orbital 3px, a través de la proyección sobre un plano del mapa tridimensional de la densidad de probabilidad. En ella se aprecia que existen:

- a) Un plano nodal y una superficie nodal
- b) Un plano nodal y ninguna superficie nodal
- c) Sólo una superficie nodal
- d) Sólo un plano nodal

SOLUCIÓN:

En el dibujo se aprecia la existencia de un plano nodal, que coincide con la raya perpendicular al eje X, y una superficie nodal por lóbulo, en este caso encerrada por la línea de puntos.

