

Capítulo

9

ENLACE QUÍMICO I



Lewis, Gilbert Newton (1875-1946), químico estadounidense, célebre por su teoría de la interpretación del enlace covalente. Nació en Weymouth, Massachusetts, y estudió en las universidades de Nebraska, Harvard, Leipzig y Göttinga. Enseñó química en Harvard desde 1899 hasta 1900 y desde 1901 hasta 1906, y en el Instituto de Tecnología de Massachusetts desde 1907 a 1912. A partir de ese año y hasta su muerte, fue profesor de Química Física en la Universidad de California en Berkeley, y también fue decano de la Escuela de Química.

Lewis hizo importantes aportaciones en el campo de la Física teórica, sobre todo al estudio de la termodinámica química. Desarrolló una teoría sobre la atracción y valencia químicas con el químico estadounidense Irving Langmuir, basándose en la estructura atómica de las sustancias, conocida como teoría Langmuir-Lewis. También se le conoce por su trabajo sobre la teoría de las disoluciones y la aplicación de los principios de la termodinámica a los problemas químicos.

DEFINICIÓN

Mientras que sólo hay alrededor de 114 elementos catalogados en la tabla periódica, obviamente hay más sustancias en la naturaleza que los 114 elementos puros. Esto es, porque los átomos pueden reaccionar unos con otros para formar nuevas sustancias denominadas compuestos. **Un enlace químico se forma cuando dos o más átomos se enlazan fuertemente, por interacción de sus electrones de valencia, cada uno en la búsqueda de mayor estabilidad química (proceso exotérmico).** El compuesto que resulta de este enlace es química y físicamente único y diferente de sus átomos originarios.

NOTACIÓN DE LEWIS

Es la representación abreviada de los átomos de elementos representativos, considerando solamente sus electrones de valencia, ya que son los únicos que determinan la química del mismo. Se utiliza el símbolo del elemento para designar la parte interna del mismo (kernel), y los electrones de valencia se representan alrededor del mismo, mediante puntos o aspas.

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
A•	•A•	•A•	•A•	•A•	•A•	•A•	•A• (*)
Na•	•Ca•	•Al•	•C•	•N•	•O•	•Cl•	•Ne•

(*) Excepto el Helio cuya notación de Lewis es He••

REGLA DEL OCTETO

Cuando se forman las uniones químicas entre átomos de elementos representativos, cada uno de ellos adquiere la estructura electrónica del gas noble más cercano, quedando el último nivel de energía de cada uno de éstos átomos con ocho electrones, excepto los átomos que se encuentran cerca del Helio, que completan su último nivel con sólo dos electrones. Se aclara que esta regla presenta muchas excepciones y sólo se utiliza con fines didácticos.

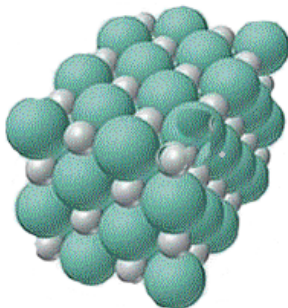
ENLACE INTERATÓMICO

ENLACE IÓNICO

Fue propuesto por W. Kossel en 1916 y es el resultado de la **transferencia** de uno o más electrones de un átomo o grupo de átomos a otro generando un ión positivo (catión) y un ión negativo (anión), los cuales se mantienen unidos debido a una atracción electrostática. Este tipo de enlace se produce con mayor facilidad entre los elementos metálicos y no metálicos, dado que los primeros poseen baja energía de ionización y por lo tanto pierden electrones con facilidad mientras que los no metales tienen alta afinidad electrónica y tienden a ganar electrones.



Una condición necesaria, pero no suficiente para que se dé el enlace iónico es que la diferencia de electronegatividades entre los átomos implicados sea mayor o igual a 1,7.



Obs: Los compuestos iónicos no forman moléculas Cristal de NaCl

ENLACE COVALENTE

Desde un punto de vista clásico implica la compartición de pares de electrones entre átomos cuya diferencia de electronegatividades es menor a 1,7; en la búsqueda cada uno de mayor estabilidad química.

CLASIFICACIÓN DE LOS ENLACES COVALENTES

Por la polaridad del enlace

Covalente apolar	$\Delta \text{E.N.} = 0$	A - A
Covalente polar	$0 < \Delta \text{E.N.} < 1.7. (*)$	A - B

(*) Este rango sólo permite ayudarnos a establecer si el enlace es o no covalente polar; sin embargo, no debe tomarse como una regla absoluta para determinar si un enlace es covalente polar o no. Por ejemplo: en el enlace (**H - F**) la diferencia de electronegatividad es 1.9. Debería esperarse un enlace iónico; pero el enlace es covalente polar.

Por el origen de los electrones compartidos

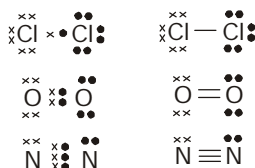
Covalente normal	$A \times \bullet A$	A - A
	$A \times \bullet \bullet B$	A = B
	$A \times \bullet \bullet \bullet B$	A \equiv B
Covalente dativo o coordinado	$A \bullet \bullet B$	A \rightarrow B

Por el número de pares electrónicos compartidos

SIMPLE	Covalente normal	$A \overset{\sigma}{\underset{\sigma}{\parallel}} B$
	Covalente dativo	$A \overset{\sigma}{\underset{\sigma}{\parallel}} B$
MÚLTIPLE	Enlace Doble	$A \overset{\pi}{\underset{\sigma}{\parallel}} B$
	Enlace Triple	$A \overset{\pi}{\underset{\sigma}{\parallel}} \overset{\pi}{\underset{\sigma}{\parallel}} B$

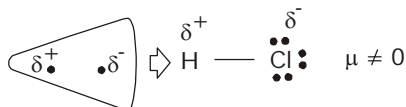
ENLACE COVALENTE APOLAR

Se produce por una compartición simétrica de los pares electrónicos de los átomos enlazados. Todos los enlaces covalentes en moléculas diatómicas homonucleares son apolares.



ENLACE COVALENTE POLAR

Se produce por una compartición desigual de los pares electrónicos entre los átomos unidos por enlace covalente. La separación de cargas en un enlace covalente polar crea un dipolo eléctrico



PROPIEDADES GENERALES DE LOS COMPUESTOS IÓNICOS Y COVALENTES

COMPUESTOS IÓNICOS

- * Son sólidos con elevado punto de fusión (típicamente mayor a 400°C)
- * Muchos son solubles en solventes polares como el agua.
- * La mayoría son insolubles en solventes apolares como el benceno: C_6H_6
- * Los compuestos fundidos y en disolución acuosa conducen bien la electricidad debido a que tienen partículas cargadas en movimiento (iones).
- * En fase sólida no conducen la electricidad.
- * Poseen un ordenamiento regular de iones positivos y negativos dispuestos en forma de **red cristalina iónica**.
- * Generalmente, involucran a metales alcalinos y alcalinos térreos (excepto el berilio) y no metales tales como los halógenos o calcógenos.
- * No existen moléculas separadas (discretas) de sustancias iónicas; por eso, nos referimos a ellas como unidades fórmula y no como fórmulas moleculares.

COMPUESTOS COVALENTES

- * Son gases, líquidos o sólidos con bajos puntos de fusión (típicamente menor de 300°C).
- * Muchos son insolubles en solventes polares como el agua
- * La mayoría son solubles en solventes apolares como el benceno: C_6H_6
- * Los compuestos fundidos y líquidos no conducen la electricidad
- * Las disoluciones acuosas son habitualmente malas conductoras eléctricas.
- * Sus unidades químicas son moléculas.
- * Típicamente se producen entre elementos no metálicos o cuya diferencia de electronegatividad sea menor que 1,7.

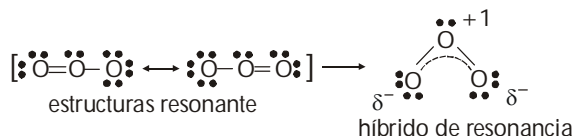
RESONANCIA

Cuando utilizamos para el ozono las reglas habituales de las estructuras de Lewis, nos encontramos con dos posibilidades.



Pero hay algo equivocado en las dos estructuras. Ambas indican que un enlace oxígeno-oxígeno es simple y el otro doble. Sin embargo, la evidencia experimental indica que los dos enlaces oxígeno-oxígeno son iguales; ambos de 147,5 pm del enlace simple $O-O$ en la molécula de peróxido de hidrógeno $H-O-O-H$; pero es mayor que la longitud de 120,74

pm del doble enlace en la molécula de oxígeno diatómico, $O=O$. Los enlaces en el ozono son enlaces intermedios entre un enlace doble y uno simple. El problema se resuelve si se dice que la verdadera estructura de Lewis del O_3 no es ninguna de las dos propuestas, sino una combinación o híbrido de ambas, algo que podemos representar como:



Cuando pueden escribirse dos o más estructuras de Lewis aceptables para una especie química, se dice que existe resonancia. La estructura verdadera es un híbrido de resonancia de las posibles estructuras contribuyentes. Las estructuras aceptables que contribuyen al híbrido de resonancia deben tener todas el mismo esqueleto, solamente pueden diferir en la distribución de los electrones dentro de la estructura.

PROBLEMAS PROPUESTOS

01. Los compuestos iónicos son conductores de la electricidad a temperatura ambiente. ()
02. El CaF_2 , BeCl_2 y BaO , son compuestos típicamente iónicos. ()
03. Si una molécula es apolar, entonces sus enlaces son apolares. ()
04. El O_3 es una molécula polar. ()
05. El HNO_3 es una molécula cuya estructura tiene un enlace dativo. ()
06. El SO_3 presenta resonancia. ()
07. El CaSO_4 es un compuesto covalente. ()
08. El CHCl_3 es una molécula apolar. ()
09. El BH_3 , SnCl_2 , XeF_2 y el N_2O_3 son excepciones a la regla del octeto. ()
10. El CH_2Cl_2 , CO_2 , y el SO_2 son moléculas polares. ()
11. El SF_4 , SF_6 , PCl_5 son excepciones a la regla del octeto. ()
12. ¿Qué compuesto presenta enlace iónico?
- a) S_2Cl_2 b) CH_2Cl_2 c) CaF_2
d) OF_2 e) BeH_2
13. ¿Cuántos enlaces σ tiene el CS_2 ?
- a) 0 b) 1 c) 2
d) 3 e) 4
14. ¿Cuántos enlaces σ tiene el CF_4 ?
- a) 0 b) 1 c) 2
d) 4 e) 5
15. ¿Cuántos enlaces π tiene el NO_3^- ?
- a) 0 b) 1 c) 2
d) 3 e) 4
16. ¿Cuántos enlaces dativos presenta el PO_4^{3-} ? Suponer que los átomos cumplen el octeto con 8 electrones.
- a) 0 b) 1 c) 2
d) 3 e) 4
17. ¿Cuántos enlaces π presenta el PO_4^{3-} suponiendo que el fósforo expande la capa de valencia a 10 electrones?
- a) 1 b) 3 c) 4
d) 2 e) 0
18. ¿Qué propiedad caracteriza a los compuestos iónicos?
- a) No disuelven en el agua.
b) Bajos puntos de fusión.
c) Conducen la electricidad en fase sólida.
d) Sus unidades químicas son moléculas.
e) Elevados puntos de ebullición.
19. ¿Qué molécula presenta enlaces π ?
- a) C_2H_6 b) CH_4 c) H_2S
d) CO e) F_2
20. ¿Qué molécula presenta un átomo central que no cumple el octeto?
- a) O_2F_2 b) CHF_3 c) OF_2
d) AlCl_3 e) NH_3
21. ¿Qué moléculas presenta un átomo central que expande la capa de valencia?
- a) IF_3 b) CO c) N_3^-
d) H_2S e) O_3
22. ¿Qué molécula presenta 2 enlaces dativos? Suponer que los átomos cumplen el octeto con 8 electrones.
- a) SO_2 b) H_3O^+ c) SO_3
d) CF_4 e) F_2

23. ¿Qué molécula presenta 2 enlaces dativos?

- a) O_3 b) SO_2 c) $BeCl_2$
d) N_2O_4 (los "N" unidos) e) O_2

24. ¿Qué molécula presenta 2 enlaces π ?

- a) NO_2^- b) CO_3^{2-} c) NO_3^-
d) N_2O_4 (los "N" unidos) e) HNO_3

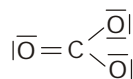
25. ¿Qué compuesto presenta enlaces π ?

- a) $BeCl_2$ b) CCl_4 c) CS_2
d) SF_4 e) H_3S^+

26. ¿Qué molécula presenta un átomo con octeto expandido?

- a) PCl_3 b) BeH_2 c) XeF_2
d) BH_3 e) NO_2

27. Hallar la carga eléctrica de la siguiente estructura de Lewis.



- a) 0 b) -2 c) +1
d) -1 e) +2

28. Determine qué molécula es **no** polar con enlaces polares.

- a) O_2 b) O_3 c) HCl
d) CF_4 e) H_2S

29. Determine qué molécula es polar:

- a) CH_4 b) CO_2 c) NH_3
d) $AlCl_3$ e) CCl_4

30. Se combina químicamente el Calcio con el Nitrógeno. Determine la fórmula del compuesto formado y el tipo de enlace químico implicado.

- a) CaN_2 y enlace covalente.
b) Ca_3N y enlace covalente.
c) Ca_3N_2 y enlace covalente.
d) CaN_2 y enlace iónico.
e) Ca_3N_2 y enlace iónico.

31. ¿Cuáles de los siguientes pares de elementos posiblemente forman compuestos iónicos?

- 1) Nitrógeno y Bromo.
2) Litio y Teluro.
3) Magnesio y Flúor.

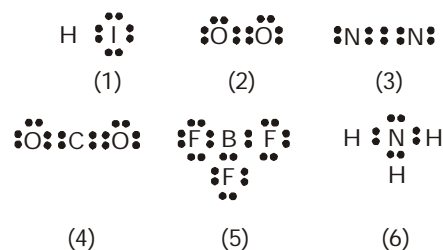
- 4) Calcio y Nitrógeno.
5) Selenio y Cloro.
6) Bario y Yodo.
7) Sodio y Nitrógeno.
8) Carbono y Oxígeno.

- a) 2,3,4,6,7,8 b) 2,3,4,6,7 c) 3,4,5,7,8
d) 3,4,6,7 e) 3,4,6,7,8

32. ¿Cuántas moléculas son apolares, con enlaces polares: Cl_2 , SO_2 , CH_3F , CF_4 , BF_3 , CH_2Cl_2 , $BeCl_2$

- a) 2 b) 3 c) 4
d) 5 e) 1

33. ¿Cuál(es) de las siguientes estructuras de Lewis es(son) correcta(s)?



Dato:

$Z[H=1; O=8; N=7; C=6; F=9; I=53; B=5]$.

- a) Todas b) 1, 2, 3, 4 y 6
c) 1, 2, 3 y 4 d) 4, 5 y 6
e) 1,2,3 y 5

34. ¿Cuáles de los siguientes elementos formarán moléculas diatómicas con enlaces covalentes?

I. H II. He III. Br IV. Hg

Dato: (Z): H=1; He=2; Br=35, Hg=80

- a) Sólo I, II, III b) Sólo I, III
c) Sólo II, III y IV d) Sólo I, III y IV
e) Todos

35. ¿Cuántos enlaces π tiene el SO_3 sabiendo que el S expande la capa de valencia a 12?

- a) 0 b) 1 c) 2
d) 3 e) 4

36. Indicar cuáles de las siguientes moléculas presentan enlaces moleculares pi (π)

I. $COCl_2$ II. C_2H_2 III. O_2

- a) I, II y III. b) Sólo I. c) Sólo II.
d) Sólo I y II. e) Sólo I y III.

37. Indique cuál de los siguientes enlaces es de esperar que sea el menos polar. Electronegatividad: O=3,5; B=2; P=2,1; N=3,0; H=2,1.
- a) O - B b) P - O c) N - O
d) N - H e) P - H
38. Considerando sólo la electronegatividad, ¿cuál de las siguientes alternativas presenta la mayor polaridad de enlace?
- Datos de electronegatividad:
C=2,5; S=2,5; N=3,0; O=3,5 y F=4,0
- a) N - O b) S - F c) C - O
d) O - F e) C - N
39. ¿Cuál es la forma correcta, según la representación de Lewis, del NaCl?
- a) $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\text{Cl}\cdot \\ \cdot\cdot \end{array}, \text{Na}$ b) $[\text{Cl}]^{-}, \text{Na}$
c) $[\cdot\cdot\text{Cl}\cdot\cdot, \cdot\text{Na}]^{-}$ d) $[\cdot\cdot\text{Cl}\cdot\cdot]^{-}, [\text{Na}]^{+}$
e) $[\cdot\cdot\text{Cl}\cdot\cdot], \text{Na}$
- 40.Cuál de las siguientes alternativas es falsa:
- a) En el enlace covalente, hay por lo menos un par de electrones compartidos.
b) En el enlace dativo o covalente coordinado, el par de electrones compartidos es proporcionado por un solo átomo.
c) La resonancia se presenta cuando en una molécula, los electrones de un enlace están deslocalizados.
d) En el enlace iónico, se produce transferencia de electrones de un átomo a otro.
e) En el enlace covalente no polar, los electrones se encuentran igualmente compartidos.
41. Señale cuál de los compuestos no corresponde a una molécula polar.
- a) H_2O b) C_6H_6 c) HF
d) CHCl_3 e) CH_3COCH_3
42. Con respecto a las sustancias N_2 y MgO , indicar la afirmación incorrecta:
- a) El N_2 tiene enlace covalente triple y el MgO enlace iónico.
b) Todos los átomos de las dos especies cumplen con la regla del octeto.
c) Ambas moléculas tienen enlaces iónicos.
d) En condiciones comunes el N_2 se encuentra en estado gaseoso y el MgO en estado sólido.
e) El N_2 no reacciona con el agua y el MgO sí.
43. Ordene los siguientes enlaces en orden creciente de sus porcentajes de carácter iónico.
- I. Li - Cl
II. Na - Cl
III. B - Cl
IV. C - Cl
- Datos de número atómico:
Li(Z=3); Na(Z=11); B(Z=5); C(Z=6).
- a) I - II - III - IV b) II - I - III - IV
c) III - IV - I - II d) III - IV - II - I
e) IV - III - I - II
44. Oxígeno, Azufre, Selenio y Teluro están en el mismo grupo en la tabla periódica y forman hidruros H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te , de los cuales el único compuesto líquido es el agua. Ello se debe a:
- a) Diferencia en electronegatividades.
b) Sus tamaños moleculares.
c) Presencia de enlaces hidrógeno en el agua.
d) Sus masas moleculares.
e) El agua es un compuesto polar.
45. Se combinan químicamente ${}_{17}\text{X}$ y ${}_{37}\text{W}$. ¿Qué propiedad probablemente, **no** se le asocia al compuesto formado?
- a) Presenta elevado punto de fusión.
b) Sus unidades químicas son las moléculas.
c) Es posible que sea soluble en agua.
d) En fase sólida, no conduce la electricidad.
e) Sus soluciones acuosas sí conducen la electricidad.
46. Señalar falso (F) verdadero (V) según corresponda:
- () Los compuestos iónicos son generalmente solubles en agua.
() Los compuestos covalentes pueden ser gases, líquidos o sólidos a temperatura ambiente.
() Los compuestos covalentes poseen moléculas en su estructura interna mientras que en los compuestos iónicos no tiene significado físico hablar de moléculas.
() Toda molécula que sólo tienen enlaces polares resultan apolar.
- a) VVVV b) VVFF c) VVVF
d) VFVV e) VVFF
47. Respecto a la molécula OF_2 marcar lo incorrecto:
- a) Es una molécula con enlaces polares
b) La carga formal del átomo de Oxígeno es cero.
c) El estado de oxidación del Flúor es -1
d) La carga formal del átomo de Flúor es 0
e) El estado de oxidación del Oxígeno es -2.

48. Indicar lo incorrecto:
- $N_2 \Rightarrow$ enlace covalente triple.
 - $H_2SO_4 \Rightarrow$ 2 enlaces dativos.
 - $BH_3 \Rightarrow$ 3 enlaces covalentes simples.
 - $BeCl_2 \Rightarrow$ 1 enlace covalente doble.
 - $NaCl \Rightarrow$ enlace iónico.
49. Se combinan químicamente ${}_7X$ y ${}_9W$, qué propiedad probablemente **no** se le asocia al compuesto formado.
- Presenta bajo punto de ebullición.
 - Sus unidades químicas son las moléculas.
 - Su geometría es piramidal.
 - En fase sólida no conduce la electricidad.
 - Sus soluciones acuosas sí conducen la electricidad.
50. ¿Cuál es el total de enlaces dativos en los compuestos: H_2SO_4 , SO_3 , HNO_3 , H_2CO_3 ?
Suponer que los átomos centrales cumplen el octeto.
- 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7
51. Indicar con (V) verdadero y (F) falso según corresponda:
- Los compuestos que tienen enlaces iónicos existen como sólidos cristalinos a temperatura ambiente.
 - En los enlaces metálicos, los iones metálicos positivos permanecen fijos en una red cristalina.
 - Los compuestos moleculares conducen la corriente eléctrica y son miscibles con los líquidos apolares.
- I, II
 - II, III
 - II, III, IV
 - Sólo II
 - III, IV
52. **X** e **Y** son dos elementos de la tabla periódica, donde, respectivamente, en su capa de valencia **X** presenta 5 electrones, mientras que el elemento **Y** presenta 2 electrones. Determine la fórmula más probable que resulta cuando **X** e **Y** se combinan químicamente así como el tipo de enlace asociado.
- X_2Y_5 : covalente.
 - X_5Y_2 : covalente.
 - X_2Y_3 : covalente.
 - X_2Y_5 : iónico.
 - X_2Y_3 : iónico.
53. Indique con (V) verdadero y (F) falso según corresponda:
- El SO_3 presenta resonancia.
 - Los enlaces covalentes de tipo polar, se forman en las moléculas homonucleares.
 - La molécula del $HCl_{(g)}$ es heteronuclear y posee enlace covalente polar.
- FVV
 - VFV
 - VFF
 - FFV
 - FFF
54. De acuerdo a la estructura de Lewis siguiente $M_2^{+1} [\overset{\times \times}{\underset{\times \times}{O}}]^{-2}$ señalar las proposiciones correctas:
- Corresponde a un compuesto iónico.
 - Se comparten 2 electrones.
 - Es un compuesto sólido.
- I, II
 - II, III
 - I, III
 - I, II, III
 - Sólo I
55. Indique cuál o cuáles de las siguientes moléculas son polares.
- N_2
 - O_3
 - CH_3OH
 - $HCHO$
- Sólo II
 - III, IV
 - I, II, III
 - Sólo III
 - II, III, IV
56. Señale la sustancia que presenta solamente enlaces covalentes apolares pero es una molécula polar.
- O_3
 - CH_3Br
 - C_2H_4
 - $BeCl_2$
 - N_2
57. ¿En cuál de las siguientes especies encontramos dos enlaces covalentes coordinados? Suponer que los átomos centrales cumplen el octeto.
- NH_4^+
 - HNO_3
 - N_2O_5
 - N_2O_3
 - N_2O
58. Indicar con (V) verdadero y (F) falso:
- El cloruro de sodio $NaCl$ es soluble en agua.
 - El enlace O-H en el H_2O posee mayor polaridad que el enlace Cl-H del HCl .
 - En el hielo seco (CO_2), los enlaces interatómicos son polares.
- VVV
 - VFV
 - VFF
 - FVV
 - FVF
59. ¿Qué estructuras presentan resonancia?
- SO_2
 - CO_3^{2-}
 - Cl_2O
- I, II
 - I, III
 - II, III
 - Sólo I
 - I, II, III
60. Elija la opción correcta:
- Las sustancias covalentes son quebradizas con punto de fusión elevado.
 - Las moléculas O_2 , H_2 , N_2 tienen enlaces apolares.
 - El NH_3 presenta un par de electrones sin enlazar.
- FFV
 - FVF
 - FVV
 - VVV
 - VVF

Claves

01.	<i>F</i>
02.	<i>F</i>
03.	<i>F</i>
04.	<i>V</i>
05.	<i>V</i>
06.	<i>V</i>
07.	<i>F</i>
08.	<i>F</i>
09.	<i>F</i>
10.	<i>F</i>
11.	<i>V</i>
12.	<i>c</i>
13.	<i>c</i>
14.	<i>d</i>
15.	<i>b</i>
16.	<i>b</i>
17.	<i>a</i>
18.	<i>e</i>
19.	<i>d</i>
20.	<i>d</i>
21.	<i>a</i>
22.	<i>c</i>
23.	<i>d</i>
24.	<i>d</i>
25.	<i>c</i>
26.	<i>c</i>
27.	<i>b</i>
28.	<i>d</i>
29.	<i>c</i>
30.	<i>e</i>

31.	<i>b</i>
32.	<i>b</i>
33.	<i>a</i>
34.	<i>b</i>
35.	<i>d</i>
36.	<i>a</i>
37.	<i>e</i>
38.	<i>b</i>
39.	<i>d</i>
40.	<i>c</i>
41.	<i>b</i>
42.	<i>c</i>
43.	<i>c</i>
44.	<i>c</i>
45.	<i>b</i>
46.	<i>c</i>
47.	<i>e</i>
48.	<i>d</i>
49.	<i>e</i>
50.	<i>c</i>
51.	<i>a</i>
52.	<i>e</i>
53.	<i>b</i>
54.	<i>c</i>
55.	<i>e</i>
56.	<i>a</i>
57.	<i>c</i>
58.	<i>a</i>
59.	<i>a</i>
60.	<i>c</i>