

Instrumentos de
evaluación del
aprendizaje de
carácter novedoso.

La Cuarta Olimpiada Metropolitana de Química

Ramiro Domínguez Danache y Carlos Mauricio Castro Acuña*

Uno de los principales objetivos de los organizadores de las olimpiadas nacionales de química, en sus diferentes etapas, es atraer a los estudiantes hacia las carreras científicas. Conscientes de que muchos de los participantes están aún lejos de tomar una decisión en cuanto a la carrera a seguir, se espera que los exámenes aplicados no sólo sean un reto para los estudiantes, sino también una oportunidad para aprender nuevos aspectos de la química, principalmente aquéllos que nos afectan en forma cotidiana. Es con este espíritu que se elaboró el cuestionario para la etapa final de la Cuarta Olimpiada Metropolitana de Química, celebrada en febrero de 1994. De acuerdo con el reglamento, el concurso se llevó a cabo en dos niveles: Nivel A para aquellos estudiantes que están cursando el último año de instrucción pre-universitaria y Nivel B, para los que se encuentran en el año inmediato anterior. En este caso, los alumnos de nivel A debían contestar todas las preguntas mientras que los de nivel B sólo las primeras treinta. Se les dio un tiempo de dos horas y lo único que se les permitió utilizar fue una calculadora científica no programable y una tabla periódica muy simple que contenía únicamente los símbolos de los elementos, así como su número y masa atómicas correspondientes. El mejor resultado en el nivel A fue de 39 preguntas contestadas en forma correcta en un tiempo de 90 minutos. Invitamos a nuestros lectores a mejorar este récord. ¡Corre tiempo!

*Miembros del Comité Organizador de las Olimpiadas Nacionales de Química, Facultad de Química, UNAM, 04510, México, D.F.

En México, las Olimpiadas Nacionales de Química se realizan bajo la coordinación de la Academia de la Investigación Científica, A.C., dentro de su programa Olimpiadas Nacionales de la Ciencia.

Una lista de los delegados estatales puede encontrarse en la página 59 del Volumen 5, N° 1 (enero de 1994) de la revista *Educación Química*. Los temas incluidos en los exámenes corresponden a los del *currículum internacional* acordado por los países participantes en las Olimpiadas Internacionales de Química.

RESUMEN

Se presentan las 40 preguntas de la etapa final de la Cuarta Olimpiada de Química para la zona metropolitana de la Ciudad de México.

ABSTRACT

This paper contains 40 questions for the final round of the IV Chemistry Olympic Contest of the metropolitan area of Mexico City

Cuarta Olimpiada Metropolitana de Química, Etapa Final

Gran parte de la contaminación atmosférica que sufre la Ciudad de México se atribuye al uso de los automóviles. Durante mucho tiempo, a las gasolinas se les ha agregado un compuesto orgánico que contiene plomo para controlar la combustión. Actualmente se sabe que el plomo es uno de los contaminantes que más afecta a la población, especialmente a los niños. Por esta razón, en México se están produciendo gasolinas sin plomo pero, a nivel mundial, todavía es muy alto el consumo de combustibles que contienen tetraetilo de plomo.

Una de las formas de establecer si una persona ha estado expuesta a niveles altos de contaminación por plomo, es determinar la concentración de este metal en la sangre. En 1970 se consideraba que hasta $4 \mu\text{g}$ de plomo por cm^3 de sangre era adecuado. En 1994 este límite ha disminuido a $1 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ y cualquier concentración mayor a ésta se considera potencialmente dañina.

1) Un análisis de sangre en un niño mostró una concentración molar de plomo igual a 1×10^{-5} . Considerando a la sangre como el disolvente, esta concentración equivale en $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ a:

- A) 2,072.0 B) 0.0002072 C) 20.72
D) 2.072 E) 0.2072

2) El plomo tiene una densidad de $11.35 \text{ g}/\text{cm}^3$. Una canica esférica de plomo tiene una masa de 5.943 gramos. ¿Cuál es el diámetro de esta canica? ($V_{\text{esf.}} = \frac{4}{3} \pi r^3$)

- A) 0.5 cm B) 1 cm C) 0.769 cm D) 1.538 cm
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

3) A nivel industrial, el plomo puede obtenerse por una serie de dos reacciones. Primero se hace una tostación del mineral llamado galena (PbS) el cual se hace reaccionar con oxígeno atmosférico a alta temperatura para formar óxido de plomo (II)

(PbO) y dióxido de azufre, SO₂. En este proceso, por cada mol de galena, reaccionan _____ moles de oxígeno gaseoso:

- A) 0.5 B) 1 C) 1.5 D) 2 E) 3

4) Para tostar 23,927 g de galena, se utilizan 100 moles de oxígeno atmosférico. ¿Cuántos gramos de PbO se obtienen?

- A) 14,880 B) 7,440 C) 29,760 D) 15,951.3
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

5) En el proceso de tostación también puede formarse otro compuesto, el sulfato de plomo. La masa molecular de este compuesto es, en cifras enteras:

- A) 287 B) 335 C) 303 D) 271
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

6) El PbO obtenido en la tostación, se hace reaccionar con monóxido de carbono y se obtiene el plomo metálico. El otro producto es un gas, el CO₂, que es el compuesto que aprovechan las plantas en el proceso de fotosíntesis. ¿Qué otra sustancia utilizan las plantas en este proceso?

- A) H₂ B) O₂ C) H₂O D) CO
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

7) Si se considera que un mol de CO₂ ocupa un volumen de 30 litros, ¿cuál es la densidad de este gas, en gramos por centímetro cúbico?

- A) 1.46 B) 681 C) 0.681 D) 0.00146
E) No es posible calcularlo sin conocer los valores de presión y temperatura

8) El CO₂ también es uno de los principales productos formados en la combustión de las gasolinas. Se le considera uno de los compuestos que ocasionan el llamado "efecto de invernadero". Este fenómeno consiste en:

- A) Elevación de la temperatura de la atmósfera
B) Menor cantidad de lluvia en las regiones tropicales
C) Disminución en la intensidad de los vientos
D) Crecimiento excesivo de algas en lagos
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

9) En un recipiente de 1 litro de capacidad se introduce una mezcla de CO₂ y nitrógeno gaseoso de tal manera que se tiene el mismo número de moles de cada componente. Utilizar la ecuación del gas ideal para ambos compuestos ($PV = nRT$, $R = 0.082 \text{ l-atm/mol K}$).

Si la presión dentro del recipiente es de 760 mmHg, ¿cuál es la presión parcial del CO₂?

- A) 760 mmHg B) 380 mmHg C) 464.44 mmHg
D) 46.44 mmHg
E) No es posible calcularlo sin conocer el dato de la temperatura

10) Si para el mismo sistema de la pregunta anterior, la temperatura es de 27°C. ¿Cuántas moles de nitrógeno hay dentro del recipiente?

- A) 0.5 B) 0.040 C) 0.020 D) 0.388
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

11) El nitrógeno es el principal componente del aire. Algunas bacterias que se encuentran en las raíces de muchas plantas son capaces de absorber el nitrógeno atmosférico y combinarlo con hidrógeno para formar amoniaco (NH₃). Este gas, al combinarse con el agua da lugar a una disolución en la que se tienen iones amonio e hidroxilos. El ión amonio tiene una masa molecular y una carga que son, respectivamente:

- A) 17, (+) B) 18, (+) C) 17, (2+) D) 18, (-) E) 16, (-)

12) Al reaccionar el NH₃ para formar el ión amonio, manifiesta sus propiedades:

- A) ácidas B) básicas C) anfotéricas D) hidrogenantes
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

13) El NH₃ es muy soluble en agua. A 15°C, 780 litros de este gas se solubilizan en un litro de agua. Suponiendo comportamiento ideal, en la Ciudad de México ($P = 585 \text{ mmHg}$), ¿cuántas moles de NH₃ se disuelven en un litro de agua?

- A) 3.30 B) 634.14 C) 25.40 D) 33.0
E) Ninguna de estas respuestas es correcta

14) De acuerdo con el resultado del inciso anterior, ¿cual será la concentración en por ciento en masa de amoniaco en la disolución acuosa? Suponer que la densidad del agua es 1 g/cm³

- A) 17% B) 1.7% C) 30% D) 33% E) 3.3%

15) La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido que, en el aire, la concentración de plomo no debe ser mayor a 1.5 µg/m³. Si consideramos que el aire puro es un 21% en volumen de oxígeno y el resto es nitrógeno, ¿qué valor de masa molar promedio se puede utilizar para el aire, en números redondos?

- A) 14 B) 14.5 C) 28 D) 29 E) 31

16) ¿Cuál es la masa de un litro de aire en la Ciudad de México a una temperatura de 10°C?

- A) 0.0928 g B) 0.4805 g C) 1.027 g D) 0.928 g
E) 0.961 g

17) Una persona al respirar, inhala diariamente unos 14 kg de aire. En las condiciones de la pregunta anterior y considerando que el aire tiene la máxima concentración permitida por la OMS de plomo, ¿cuántos microgramos de plomo entrarían al cuerpo en un día debido a respirar este aire?

- A) 10.926 B) 21.852 C) 20.488 D) 20.181 E) 10.0905

REACTIVOS

18) En los acumuladores de automóviles se utiliza otro óxido de plomo, el PbO_2 . Si se calienta este compuesto, antes de fundirse se descompone para formar el PbO y oxígeno. En esta reacción el átomo de plomo se reduce. En la siguiente reacción, no balanceada, ¿cuál es el átomo que se reduce?:



A) K B) O C) H D) S E) Cr

19) La solución electrolítica en los acumuladores, es ácido sulfúrico concentrado. El porcentaje en masa del oxígeno en la molécula del ácido sulfúrico es, aproximadamente:

A) 16% B) 32% C) 57% D) 72 %

E) Ninguna de estas respuestas es correcta

20) En una solución 1 M de ácido sulfúrico en agua, esta sustancia se encuentra disociada en cationes y aniones. El anión formado tiene una carga igual a:

A) -2 B) -4 C) -1 D) -6 E) -3

21) En una solución 0.2 M de ácido sulfúrico, se puede medir el pH. El pH es igual al logaritmo decimal de la concentración de iones H^+ en la disolución, pero cambiando el signo algebraico. Por lo tanto, el pH en esta solución es:

A) 0.398 B) 0.699 C) -0.2 D) -0.4 E) -0.699

22) El agua pura presenta un fenómeno llamado autoionización. Esto quiere decir que hay una pequeña cantidad de iones H^+ y OH^- presentes. El pH del agua pura es siete, por lo tanto puede calcularse que la concentración de H^+ en el agua pura es:

A) 0.7 M B) -1×10^7 M C) 0.0000007 M

D) 0.0000001 E) Ninguna de estas respuestas es correcta.

23) Otro ácido de gran importancia es el clorhídrico (HCl). Las disoluciones comerciales de este ácido se compran con el nombre de ácido muriático. Este ácido es el mismo que se encuentra en nuestro estómago y por esto, cuando se padece de acidez, se puede tomar un poco de bicarbonato de sodio (NaHCO_3). En la reacción del HCl con el NaHCO_3 se forma un gas cuya masa molecular es:

A) 18 B) 28 C) 44 D) 60 E) 62

24) La reacción indicada en la pregunta anterior es un ejemplo de una reacción de:

A) gasificación B) neutralización C) alcalinización
D) eliminación E) hidrólisis

25) En el laboratorio, la reacción entre el HCl y el NaHCO_3 se llevó a cabo en un recipiente de vidrio como el que se muestra en el recuadro. El nombre de este material de laboratorio es:

A) matraz de precipitados

- B) matraz kitasato
C) matraz aforado o volumétrico
D) matraz gasificador
E) matraz erlenmeyer



26) De los matraces mencionados en la pregunta anterior, el que se utiliza para preparar disoluciones de concentración molar conocida es el indicado con la letra

A) A B) B C) C D) D E) E

27) Otro problema de contaminación por la combustión de la gasolina en los automóviles es la formación de compuestos que contienen oxígeno y nitrógeno, debido a las condiciones de alta temperatura que hay en el interior del motor. Uno de estos compuestos, al reaccionar con la humedad de la atmósfera puede formar ácido nítrico y ésta es una de las causas de la llamada lluvia ácida. ¿Cuál es el estado de oxidación del N en la molécula de ácido nítrico ?

A) +5 B) +4 C) +3 D) -3

E) Ninguna de estas respuestas es correcta

28) La plata es un elemento de transición. Considerando el modelo atómico de Bohr, ¿cuántos electrones tiene un átomo de plata en el segundo nivel de energía?

A) 1 B) 2 C) 6 D) 8

E) Por ser un elemento de transición, no es posible saberlo

29) Al reaccionar nitrato de plata con hidróxido de sodio se forma un precipitado, de color café.

El producto precipitado (X) se descompone para formar una molécula de agua y otro compuesto (Y). La reacción de una molécula de Y con dos moléculas de un halogenuro de hidrógeno produce agua y un compuesto (Z) en el que el átomo metálico constituye el 85 % en masa. El compuesto Z está formado con átomos de:

A) Cl y H B) Cl y Ag C) F y H
D) F y Ag E) H, O y Ag

30) La masa molecular del compuesto (Y) es en g/mol:

A) 123.9 B) 124.9 C) 232.8 D) 231.8 E) 141.9

31) El tetraetilo de plomo es un compuesto cuya molécula sólo contiene un átomo de plomo y varios átomos de carbono e hidrógeno. La masa molecular de este compuesto es:

A) 327.2 B) 315.8 C) 267.2 D) 271.2 E) 323.4

32) Otro compuesto organometálico es el acetato de plomo, utilizado para fabricar algunos colorantes y con masa molecular

igual a 325.28. El porcentaje en masa del oxígeno en este compuesto es:

- A) 32% B) 15.99% C) 19.67% D) 12.018%
E) 6.39 %

33) El tetraetilo de plomo puede prepararse a partir del cloroetano. En el caso del clorobutano, compuesto lineal, los isómeros posibles son:

- A) 2 B) 3 C) 4 D) 5
E) este compuesto no tiene isómeros

34) Si se comparan las estructuras del 1-cloro-2-metil propano (X) con la del 2-cloropropano (Y), ¿cuál de las siguientes frases es falsa?

- A) Hay más de una frase que es falsa.
B) El % en masa de cloro en X es menor que en Y.
C) La masa molar de X es mayor que la de Y.
D) En el compuesto X, el Cl está unido a un carbono secundario
E) En el compuesto Y, el Cl está unido a un carbono secundario

35) Del petróleo se extraen gran cantidad de hidrocarburos. Con tratamientos químicos se obtienen las gasolinas y muchos otros compuestos como benceno (C_6H_6) y tolueno (C_7H_8).

Las mezclas benceno-tolueno se consideran de comportamiento ideal ya que se comportan de acuerdo a la Ley de Raoult. A una cierta temperatura, la presión de vapor del benceno puro es aproximadamente el triple que la del tolueno puro. De acuerdo con lo anterior, ¿cuál de las siguientes frases es falsa:

- A) Hay más de una frase que es falsa
B) La temperatura normal de ebullición del benceno es menor que la del tolueno
C) Para una mezcla equimolar de estos compuestos, la presión parcial del benceno será mayor que la presión parcial del tolueno
D) Para una mezcla equimolar de estos compuestos, la presión de vapor de la mezcla será menor que la del benceno puro
E) Para cualquier composición de la mezcla, la presión parcial del tolueno será menor que la presión parcial del benceno.

36) Si 100 kg de una mezcla al 50% en masa de los hidrocarburos benceno y tolueno se someten a un proceso de combustión, de tal manera que se quema la totalidad del compuesto de menor temperatura de ebullición y el 50% del otro compuesto, ¿cuántas moles de oxígeno gaseoso se consumen suponiendo que no hay formación de CO? Considera que las respuestas son aproximadas:

- A) 14,568 B) 7,242 C) 14,485 D) 4,389 E) 8,829

37) En una tabla inglesa se encontraron los siguientes datos para el calor de combustión del benceno y el tolueno: 17,480 y 17,620 respectivamente. Las unidades utilizadas son Btu/lb.

Una unidad térmica británica (Btu) equivale a 1.054×10^3 Joules. Una caloría son 4.184 Joules.

Una libra son 0.454 kilogramos. ¿Cuántas calorías se generan en el proceso de combustión indicado en la pregunta anterior?

Nota: usar tres cifras decimales. Considera que las respuestas son aproximadas y en millones de calorías (o miles de kilocalorías):

- A) 12,678 B) 150 C) 3,051 D) 305 E) 730

38) En las reacciones de combustión, nos interesa conocer la energía que se puede obtener y qué usos se le pueden dar a esta energía. En países donde hay escasez de agua, como en Arabia Saudita, se traen grandes icebergs desde el polo sur y se funde el hielo para obtener agua dulce. El calor de fusión del agua es de 1,436 calorías/mol. ¿Cuántos kilogramos de hielo podrían fundirse con la energía liberada en el proceso de la pregunta 36?

Las respuestas están redondeadas:

- A) 3,820 B) 9,150 C) 38,240 D) 160,000
E) 2,965,000

39) Una manera de obtener agua dulce del agua de mar es mediante el proceso de ósmosis inversa. Se hace pasar el agua salada por una membrana semipermeable que atrapa los iones disueltos y deja pasar solamente el agua pura. La presión osmótica es una propiedad coligativa. En forma simplificada, la presión osmótica (Π) de una disolución puede calcularse con la ecuación de Vant Hoff: $\Pi = CRT$, donde R es la constante de los gases, T la temperatura y C la concentración molar de la disolución.

Para hacer estudios de corrosión se pueden preparar aguas de mar artificiales: en 8 litros de agua destilada se agregan 245.3g de cloruro de sodio y otros electrolitos que no serán tomados en cuenta para resolver este problema. Considera que el NaCl está totalmente disociado.

¿Cuál es la presión osmótica, en atmósferas, de una muestra de agua de mar artificial a una temperatura de $25^\circ C$?

- A) 25.6 B) 1,904 C) 12.80 D) 109.5 E) 110.8

40) Se considera que el hidrógeno es el combustible del futuro ya que su producto de combustión es agua y por esto no es contaminante. El hidrógeno se puede obtener por electrólisis de agua. La unidad de corriente es el Ampere, que equivale a un Coulomb/s. La carga de un electrón es $1.6 \times 10^{-19} C$.

¿Qué cantidad de corriente se requiere para producir, en un minuto, una mol de hidrógeno gaseoso mediante la electrólisis de agua? Las respuestas son aproximadas:

- A) 96, 400 B) 192,800 C) 3,212
D) 6,424 E) 1,606