

# X OLIMPIADA METROPOLITANA DE QUÍMICA

## Examen final – Problemas abiertos

### Instrucciones:

Este fue el último examen aplicado como parte de la X Olimpiada Metropolitana de Química. La duración del examen fue de dos horas. Los alumnos del nivel B solamente tienen que resolver los primeros tres problemas; los del nivel A tienen que resolverlos todos. Se permite el uso de calculadora científica no programable.

### Niveles A y B

#### PROBLEMA 1.

Un globo aerostático de forma esférica tiene un diámetro de 20 m, si el globo se llena totalmente con aire a 25 °C (considera que el aire contiene solamente nitrógeno y oxígeno gaseosos en una proporción molar de 4 a 1), calcula:

$$P_{\text{Barométrica}} = 760 \text{ mmHg}; M_{\text{Aire}} = 29 \text{ g mol}^{-1}; V_{\text{Esfera}} = 4\pi r^3/3$$

- A) La cantidad de sustancia de gas, en moles, en el interior del globo.
- B) La masa total de aire en el globo.
- C) La masa de oxígeno gaseoso en el globo.
- D) La presión parcial de nitrógeno gaseoso en el globo.
- E) La densidad del aire dentro del globo.

#### PROBLEMA 2.

El método de Kjeldahl puede ser utilizado para determinar el contenido de nitrógeno en materia orgánica. Este método consiste en el tratamiento de la muestra con ácido sulfúrico concentrado y caliente, con lo cual todo el nitrógeno se convierte en iones amonio. Posteriormente se agrega hidróxido de sodio concentrado, con lo cual se forma amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), que a continuación es destilado y recibido en una disolución de ácido clorhídrico de concentración y volumen conocidos. El ácido clorhídrico está en exceso y el sobrante es titulado con hidróxido de sodio de concentración conocida.

En resumen:

- I) Conversión de N orgánico en  $\text{NH}_3$ .
- II) Reacción del  $\text{NH}_3$  con HCl en exceso.
- III) Titulación del HCl sobrante con NaOH.

Se analizó una muestra de cereal para determinar su contenido de nitrógeno. Se pesó una muestra de 0.2515 g de grano. Después del tratamiento con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y NaOH se recibió el amoniaco formado en 50.00 mL de HCl 0.1010 M. El exceso de HCl fue titulado con 19.30 mL de NaOH 0.1050 M.

Preguntas:

- A) Escribe la reacción entre el ácido clorhídrico y el amoniaco.
- B) Escribe la reacción entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio.
- C) ¿Cuántos moles de ácido clorhídrico había inicialmente?
- D) ¿Cuántos moles de hidróxido de sodio se consumieron en la titulación?
- E) ¿Cuántos moles de amoniaco fueron generados en el tratamiento de la muestra?
- F) ¿Cuánta masa de nitrógeno hay en la muestra?

G) ¿Cuál es el porcentaje en masa de nitrógeno en la muestra?

Otra aplicación del método de Kjeldahl es la determinación del peso molecular de aminoácidos. Se analizó una muestra de 0.2345 g de un aminoácido puro. Después del tratamiento con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{NaOH}$ , se recibió el amoníaco en 50.00 mL de  $\text{HCl}$  0.1010 M. El exceso fue titulado con 14.25 mL de  $\text{NaOH}$  0.1050 M.

Preguntas:

H) Los aminoácidos naturales tienen entre 1 y 4 átomos de nitrógeno por molécula. Calcula el peso molecular del aminoácido analizado suponiendo cada uno de estos 4 casos.

I) A continuación se muestra una tabla con las fórmulas y pesos moleculares de los 20 aminoácidos estándar. ¿Cuál, o cuáles de ellos, podría ser el aminoácido analizado?

Nombre	Fórmula	Peso molecular ( $\text{g mol}^{-1}$ )
Ácido aspártico	$\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$	133
Ácido glutámico	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_4\text{N}$	147
Alanina	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$	89
Arginina	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_4$	174
Asparagina	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3\text{N}_2$	132
Cisteína	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$	121
Fenilalanina	$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	165
Glicina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	75
Glutamina	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_3\text{N}_2$	146
Histidina	$\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_2\text{N}_3$	155
Isoleucina	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$	131
Leucina	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$	131
Lisina	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_2$	146
Metionina	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{NS}$	149
Prolina	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$	115
Serina	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$	105
Tirosina	$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_3\text{N}$	181
Treonina	$\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_3\text{N}$	119
Triptófano	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}_2$	204
Valina	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	117

### PROBLEMA 3.

A continuación te presentamos una lista de recipientes de diferentes capacidades que contienen los siguientes elementos: plata, mercurio, cloro, nitrógeno y azufre. Los recipientes son:

Matraz bola

Matraz Erlenmeyer

Matraz aforado

Bureta

Probeta

Se desconoce la capacidad de cada uno de los recipientes, pero se sabe que hay uno de 25 mL, otro de 50 mL, uno más de 100 mL, otro de 250 mL y un último de 500 mL. El problema consiste en que nos digas, con la información que se te proporciona, que elemento contiene cada recipiente y de que capacidad es.

- A) El elemento que se emplea en la elaboración de termómetros está en la bureta.
- B) El gas presente en la atmósfera se encuentra en un recipiente de mayor volumen que el que contiene al elemento empleado en fotografía.
- C) El matraz bola está lleno de aproximadamente 0.73 g de un elemento gaseoso.
- D) El elemento que se encuentra en el recipiente empleado para la preparación de disoluciones de concentración conocida, lo usan algunas bacterias que se encuentran en las raíces de las plantas.
- E) El elemento que cuando se encuentra como impureza en los combustibles provoca lluvia ácida, está en la probeta que no es el recipiente más pequeño ni el más grande.
- F) En el recipiente más pequeño está un líquido que forma una amalgama con el elemento que está en el recipiente de 100 mL.

#### PROBLEMA 4.

Se tienen los seis isómeros del  $C_4H_8$ . Desdichadamente, ninguno de los contenedores está etiquetado.

- A) ¿En qué estado (sólido, líquido o gas) se encuentra el  $C_4H_8$  a 25 °C y 1 atm? (Es igual para todos los isómeros).
- B) Escribe las estructuras y los nombres IUPAC de los seis isómeros.

Supongamos que ahora etiquetamos los seis recipientes con las letras de la A a la F, y realizamos las siguientes pruebas químicas y físicas para identificarlos:

- I) Los compuestos B, C, E y F decoloran al agua de bromo, mientras que A y D no.
  - II) Se hizo reaccionar D con cloro en presencia de luz ultravioleta. D se transformó en un solo compuesto monoclorado de fórmula  $C_4H_7Cl$ .
  - III) B tiene una temperatura de ebullición mayor que la de F.
  - IV) Se realizó la ozonólisis reductiva de los compuestos B, C, E y F. De la ozonólisis de B y F se obtuvo un solo compuesto puro en cada caso (no necesariamente el mismo); mientras que de C y E se obtuvo una mezcla de dos productos en cada caso (no necesariamente los mismos).
  - V) Al separar los productos de la ozonólisis de E y realizarles la prueba de Tollens, se encontró que solamente uno de los dos productos daba resultado positivo.
- C) Por favor identifica los seis compuestos.

Otras preguntas:

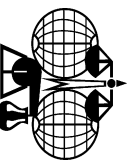
- D) ¿Por qué es mayor el punto de ebullición de B que el de F?
- E) ¿Cuántos productos diferentes de fórmula  $C_4H_7Cl$  (y cuáles) se obtendrían de la reacción de A con cloro en presencia de luz UV, tomando en cuenta los posibles isómeros ópticos?
- F) ¿Cuáles de los isómeros del  $C_4H_8$  presentan actividad óptica?
- G) ¿Si se tratara a A, B, C, D, E y F con hidrógeno en presencia de un catalizador de paladio, cuántos compuestos orgánicos diferentes se obtendrían en total, si se consideran los productos finales independientemente de que haya habido reacción o no?

# Tabla Periódica de los Elementos de la IUPAC

1

18

1													2
<b>H</b> Hidrógeno 1.008													<b>He</b> Helio 4.003
													Clave:
													Número atómico
													<b>Símbolo</b>
													Nombre
													Masa atómica
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23
													24
													25
													26
													27
													28
													29
													30
													31
													32
													33
													34
													35
													36
													37
													38
													39
													40
													41
													42
													43
													44
													45
													46
													47
													48
													49
													50
													51
													52
													53
													54
													55
													56
													57-71
													72
													73
													74
													75
													76
													77
													78
													79
													80
													81
													82
													83
													84
													85
													86
													87
													88
													89-103
													104
													105
													106
													107
													108
													109
													110
													111
													112
													113
													114
													115
													116
													117
													118
													119
													120
													121
													122



57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
<b>La</b> Lantano 138.9	<b>Ce</b> Cerio 140.1	<b>Pr</b> Praseodimio 140.9	<b>Nd</b> Neodimio 144.2	<b>Pm</b> Prometio [145]	<b>Sm</b> Samario 150.4	<b>Eu</b> Europio 152.0	<b>Gd</b> Gadolinio 157.3	<b>Tb</b> Terbio 158.9	<b>Dy</b> Disproscio 162.5	<b>Ho</b> Holmio 164.9	<b>Er</b> Erbio 167.3	<b>Tm</b> Tulio 168.9	<b>Yb</b> Iterbio 173.0	<b>Lu</b> Lutecio 175.0
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
<b>Ac</b> Actinio [227]	<b>Th</b> Torio 232.0	<b>Pa</b> Protactinio 231.0	<b>U</b> Uranio 238.0	<b>Np</b> Neptunio [237]	<b>Pu</b> Plutonio [244]	<b>Am</b> Americio [243]	<b>Cm</b> Curio [247]	<b>Bk</b> Berkelio [247]	<b>Cf</b> Californio [251]	<b>Es</b> Einsteinio [252]	<b>Fm</b> Fermio [257]	<b>Md</b> Mendelvio [258]	<b>No</b> Nobelio [259]	<b>Lr</b> Lawrencio [262]

Copyright © 2005 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

# Respuestas

## PROBLEMA 1.

A)  $V = 4189 \text{ m}^3 = 4.189 \times 10^6 \text{ L}$ .

$$n = pV/RT = \underline{1.713 \times 10^5 \text{ mol}}. (p = 1 \text{ atm}, T = 298.15 \text{ K}, R = 0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}).$$

B)  $m = nM = 4968 \text{ kg}$ . (5 mol = 144 g,  $M = 0.029 \text{ kg mol}^{-1}$ ).

C)  $n(\text{O}_2) = X(\text{O}_2)n = 3.426 \times 10^4 \text{ mol}$ .  $X(\text{O}_2)$  = Fracción mol de oxígeno = 0.2, ya que la proporción molar es 1:4.

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \times M(\text{O}_2) = \underline{1096 \text{ kg}}. (M(\text{O}_2) = 0.032 \text{ kg mol}^{-1}).$$

D)  $p(\text{N}_2) = X(\text{N}_2) \times p = \underline{0.8 \text{ atm}}$  ( $p = 1 \text{ atm}$ ,  $X(\text{N}_2) = 0.8$ ).

E)  $\rho = m/V = \underline{1.186 \text{ g L}^{-1}}$ , usando la masa obtenida en B) y el volumen obtenido en A).

## PROBLEMA 2.



C)  $n_{\theta}(\text{HCl}) = CV = 0.1010 \text{ mol L}^{-1} \times 0.050 \text{ L} = \underline{5.050 \times 10^{-3} \text{ mol}}$ .

D)  $n(\text{NaOH}) = CV = 0.1050 \text{ mol L}^{-1} \times 0.0193 \text{ L} = \underline{2.027 \times 10^{-3} \text{ mol}}$ .

E)  $n(\text{NH}_3) = n_{\theta}(\text{HCl}) - n(\text{NaOH}) = \underline{3.023 \times 10^{-3} \text{ mol}}$ .

F)  $m(\text{N}) = n(\text{NH}_3) \times M(\text{N}) = 3.023 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 14.01 \text{ g mol}^{-1} = \underline{0.04235 \text{ g}}$ .

G)  $(0.04235 \text{ g} / 0.2515 \text{ g}) \times 100\% = \underline{1684 \%}$ .

H)  $n(\text{NaOH}) = 0.01425 \text{ L} \times 0.1050 \text{ M} = 1.50 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$$n_{\theta}(\text{HCl}) = CV = 0.1010 \text{ mol L}^{-1} \times 0.050 \text{ L} = 5.05 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

$$5.05 \times 10^{-3} \text{ mol} - 1.50 \times 10^{-3} \text{ mol} = 3.55 \times 10^{-3} \text{ mol de HCl} \equiv 3.55 \times 10^{-3} \text{ mol de NH}_3.$$

$$3.55 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 14 \text{ g mol}^{-1} = 0.0497 \text{ g de N}.$$

$$(0.0497 \text{ g} / 0.2345 \text{ g}) \times 100 = 21.19 \%$$

$$14 \text{ g} \times \frac{100}{21.19} = 66 \text{ g mol}^{-1} \quad ; \quad 28 \text{ g} \times \frac{100}{21.19} = 132 \text{ g mol}^{-1} \quad ; \quad 42 \text{ g} \times \frac{100}{21.19} = 198 \text{ g mol}^{-1} \quad ;$$

$$56 \text{ g} \times \frac{100}{21.19} = 264 \text{ g mol}^{-1}$$

I) Asparagina ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3\text{N}_2$ ),  $132 \text{ g mol}^{-1}$ .

**PROBLEMA 3.**

Recipiente	Elemento	Volumen
Matraz de bola	Cloro (Cl <sub>2</sub> )	500 mL
Matraz Erlenmeyer	Plata (Ag)	100 mL
Matraz aforado	Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	250 mL
Bureta	Mercurio (Hg)	25 mL
Probeta	Azufre (S <sub>8</sub> )	50 mL

**PROBLEMA 4.**

A) Gas.

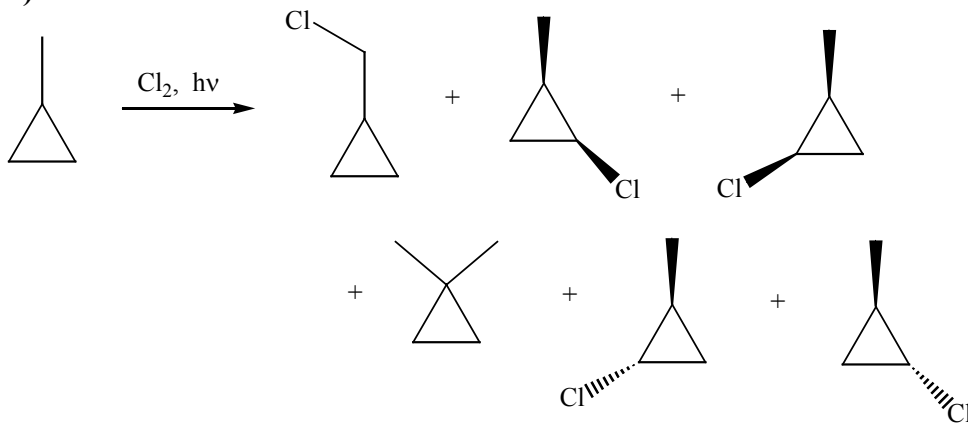
B) y C)

A		Metil-ciclopropano
B		<i>cis</i> -2-Buteno
C	CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	1-Buteno

D		Ciclobutano
E		2-Metilpropeno (Isobuteno)
F		<i>trans</i> -2-Buteno

D) El *cis*-2-buteno tiene mayor punto de ebullición que el *trans*-2-buteno debido a que tiene un mayor momento dipolar.

E) Seis isómeros:



F) Ninguno.

G) Cuatro productos diferentes. A y D no reacciona, E da el 2-metilpropano (o isobutano) y B, C y F dan butano.