

# OLIMPIADA DE QUÍMICA 2004-2005

## FASE LOCAL

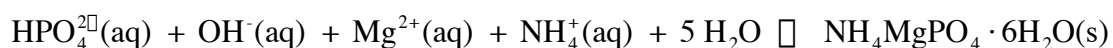
4 de Febrer de 2005

*Es disposa d'un temps màxim de noranta minuts per resoldre aquesta part de la prova. Darrere del problema 3 trobareu les masses atòmiques relatives.*

### PROBLEMES

1. (20 punts) Els nutrients essencials de les plantes continguts en els fertilitzants són el nitrogen, el fòsfor i el potassi. A l'etiqueta de qualsevol fertilitzant apareix el percentatge que conté de cadascun d'aquests elements expressat en forma de  $N_2$ ,  $P_2O_5$  i  $K_2O$ . Un fertilitzant utilitzat freqüentment és "Compo Fertilitzant Universal", 7-5-6, que indica que conté un 7% de nitrogen, 5% de  $P_2O_5$  i 6% de  $K_2O$ .

Un mètode senzill per analitzar el P contingut en un fertilitzant consisteix en la precipitació i pesada en forma de  $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$  (tetraoxofosfat (V) d'amoni i magnessi hexahidratat), la qual cosa constitueix un exemple típic d'anàlisi gravimètrica o gravimetria. La precipitació d'aquesta sal es produeix en afegir catió  $Mg^{2+}$  i catió  $NH_4^+$  a una dissolució que contingui l'anió  $HPO_4^{2-}$ :



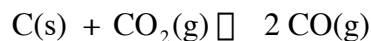
En un erlenmeier d'1 L s'introdueixen 20,47 g de fertilitzant i es dissolen en 150 mL d'aigua destil·lada. S'addicionen 60 mL de dissolució 0,4 M de sulfat de magnessi. S'afegeixen unes gotes de fenolftaleïna i tot seguit, lentament i agitant, s'addiciona dissolució 1 M d'amoníac fins que es formi un precipitat blanc i es produïsci el viratge de l'indicador d'incolòr a roig. En aquesta operació es consumeixen 30 mL de la dissolució d'amoníac. Després d'esperar 15 minuts per tal que sedimenti el precipitat es filtra sobre paper de filtre, prèviament pesat, en un embut Büchner, utilitzant trompa d'aigua per a buit. Després d'escalfar en l'estufa a 40 °C, fins a pes constant, es va obtenir un precipitat que va pesar 3,64 g.

Les masses moleculars relatives són:

$NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$	245,29
$KMgPO_4 \cdot 6H_2O$	266,38

- a) Teòricament el fertilitzant és 7-5-6, és a dir, un 7% de nitrogen, 5% de  $P_2O_5$  i 6% de  $K_2O$ . Calcula amb aquestes dades teòriques el percentatge de nitrogen, fòsfor i potassi.
- b) Amb les dades del problema calcula el percentatge real de  $P_2O_5$  i de P.
- c) Calcula els mols del catió  $Mg^{2+}$  utilitzats en excés.
- d) Calcula els mols d' $NH_3$  utilitzats en excés.
- e) Si el precipitat recollit fóra  $KMgPO_4 \cdot 6H_2O$  (s) en compte de  $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$  (s), quin hauria segut el resultat del percentatge de P contingut en el fertilitzant?

2. (20 punts) En un recipient de 400 L, en el què prèviament s'ha fet el buit, s'introdueixen 36 g de carboni sòlid i 132 g de  $CO_2$  (g). En escalfar a 900 K s'estableix l'equilibri:



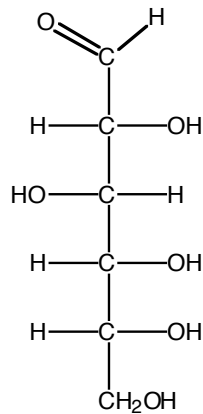
i la pressió total dels gasos a l'equilibri és de 0,69 atm. Calcula:

- a) Mols de C (s),  $CO_2$  (g) i CO (g) presents a l'equilibri.
- b)  $K_p$  i  $K_c$  a 900 K
- c) La composició del sistema en equilibri si a 900 K s'introdueixen en un recipient de 400 L:
- c.1) 2 mols de  $CO_2$ , 2 mols de CO i 24 g de carboni
- c.2) 3 mols de  $CO_2$ , 1 mol de CO i 1 g de carboni

3. (10 punts) Durant la fotosíntesi les plantes verdes aprofiten l'energia de la llum per elaborar sucres a partir de diòxid de carboni i aigua, lliurant oxigen, d'acord amb la reacció:



En aquest procés les plantes verdes es comporten com màquines molt poc eficients en la conversió d'energia lluminosa en energia química, perquè sols aprofiten el 5% de l'energia lluminosa que reben.



La glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , de nom sistemàtic 2,3,4,5,6 pentahidroxihexanal, la fórmula desenvolupada de la D-glucosa s'indica a la Figura) elaborada durant la fotosíntesi queda a la planta com energia química emmagatzemada i a compleix les tres funcions següents:

a) Matèria primera per elaborar altres molècules orgàniques (proteïnes, hidrats de carboni, etc) que formaran les arrels, troncs, fulles, flors i fruits.

b) Per realitzar la síntesi de les substàncies que s'indiquen en l'apartat anterior també es requereix energia, que la planta obté en descomposar, durant la respiració cel·lular, part de la glucosa obtinguda.

c) Part de la glucosa romandrà en la planta com substància de reserva per transformar-se en altres substàncies, com midó, olis, etc.

S'il·lumina una branqueta d'una planta aquàtica amb una làmpara de 100 watts (és a dir, 100 J/s). De tota l'energia lluminosa emesa per la làmpara, sols l'1% arriba a la planta, i aquesta aprofita sols el 5% de l'energia que li arriba. Calcula l'increment de pes experimentat per la planta durant un dia, gràcies a la glucosa fabricada a la fotosíntesi, suposant que el 50% de la glucosa sintetitzada es consumeix en la respiració per obtindre energia.

Dades d'energies d'enllaç en kcal/mol:

C=O	178	O-H	110	C-C	83	C-H	99
C-O	86	O=O	118				

DADES:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $1 \text{ cal}=4,18 \text{ J}$

DADES:

*Masses atòmiques relatives:*

$P=30,97$      $H=1,00$      $N=14,01$

$O=16,00$      $Mg=24,31$      $C=12,00$

$K=39,10$

## OLIMPIADA DE QUÍMICA 2004-2005

### FASE LOCAL

4 de Febrero de 2005

*Se dispone de un tiempo máximo de noventa minutos para esta parte de la prueba. Detrás del tercer problema se dan las masas atómicas relativas.*

### PROBLEMAS

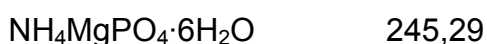
1. (20 puntos) Los nutrientes esenciales de las plantas contenidos en los fertilizantes son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. En la etiqueta de cualquier fertilizante aparece el porcentaje que contiene de cada uno de estos elementos expresado en forma de  $N_2$ ,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ . Un fertilizante utilizado frecuentemente es "Compo Fertilizante Universal", 7-5-6, que indica que contiene un 7% de nitrógeno, 5% de  $P_2O_5$  y 6% de  $K_2O$ .

Un método sencillo para analizar el P contenido en un fertilizante consiste en la precipitación y pesada en forma de  $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$  (tetraoxofosfato (V) de amonio y magnesio hexahidratado), lo que constituye un ejemplo típico de análisis gravimétrico o gravimetría. La precipitación de esta sal se produce al adicionar catión  $Mg^{2+}$  y catión  $NH_4^+$  a una disolución que contenga el anión  $HPO_4^{2-}$ :



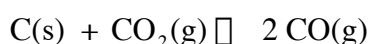
En un erlenmeyer de 1 L se introducen 20,47 g de fertilizante y se disuelven en 150 mL de agua destilada. Se adicionan 60 mL de disolución 0,4 M de sulfato de magnesio. Se añaden unas gotas de fenolftaleína y seguidamente, lentamente y agitando, se adiciona disolución 1 M de amoniaco hasta que se forme un precipitado blanco y se produzca el viraje del indicador de incoloro a rojo. En esta operación se consumen 30 mL de la disolución de amoniaco. Después de esperar 15 minutos para que sedimente el precipitado se filtra sobre papel de filtro, previamente pesado, en un embudo Büchner, utilizando trompa de agua para vacío. Después de calentar en la estufa a 40 °C, hasta un peso constante, se obtuvo un precipitado que pesó 3,64 g.

Las masas moleculares relativas son:



- Teóricamente el fertilizante es 7-5-6, es decir, un 7% de nitrógeno, 5% de  $P_2O_5$  y 6% de  $K_2O$ . Calcula con estos datos teóricos el porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio.
- Con los datos del problema calcula el porcentaje real de  $P_2O_5$  y de P.
- Calcula los moles del catión  $Mg^{2+}$  utilizados en exceso.
- Calcula los moles de  $NH_3$  utilizados en exceso.
- Si el precipitado recogido fuera  $KMgPO_4 \cdot 6H_2O$  (s) en lugar de  $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$  (s), ¿cuál habría sido el resultado del porcentaje de P contenido en el fertilizante?

**2. (20 puntos)** En un recipiente de 400 L, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introducen 36 g de carbono sólido y 132 g de  $CO_2$  (g). Al calentar a 900 K se establece el equilibrio:



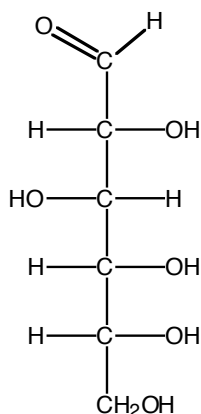
y la presión total de los gases en el equilibrio es de 0,69 atm. Calcula:

- Moles de C (s),  $CO_2$  (g) y CO (g) presentes en el equilibrio.
- $K_p$  y  $K_c$  a 900 K
- La composición del sistema en equilibrio si a 900 K se introducen en un recipiente de 400 L:
  - 2 moles de  $CO_2$ , 2 moles de CO y 24 g de carbono
  - 3 moles de  $CO_2$ , 1 mol de CO y 1 g de carbono

**3. (10 puntos)** Durante la fotosíntesis las plantas verdes aprovechan la energía de la luz para elaborar azúcares a partir de dióxido de carbono y agua, liberando oxígeno, de acuerdo con la reacción:



En este proceso las plantas verdes se comportan como máquinas muy poco eficientes en la conversión de energía luminosa en energía química, porque sólo aprovechan el 5% de la energía luminosa que reciben.



La glucosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , de nombre sistemático 2,3,4,5,6 pentahidroxihexanal, la fórmula desarrollada de la D-glucosa se indica en la Figura) elaborada durante la fotosíntesis queda en la planta como energía química almacenada y cumple las tres funciones siguientes:

a) Materia prima para elaborar otras moléculas orgánicas (proteínas, hidratos de carbono, etc) que formarán las raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

b) Para realizar la síntesis de las sustancias que se indican en el apartado anterior también se requiere energía, que la planta obtiene al descomponer, durante la respiración celular, parte de la glucosa obtenida.

c) Parte de la glucosa permanecerá en la planta como sustancia de reserva para transformarse en otras sustancias, como almidón, aceites, etc.

Se ilumina una ramita de una planta acuática con una lámpara de 100 vatios (es decir, 100 J/s). De toda la energía luminosa emitida por la lámpara, sólo el 1% llega a la planta, y ésta aprovecha sólo el 5% de la energía que le llega. Calcula el incremento de peso experimentado por la planta durante un día, gracias a la glucosa fabricada en la fotosíntesis, suponiendo que el 50% de la glucosa sintetizada se consume en la respiración para obtener energía.

Datos de energías de enlace en kcal/mol:

C=O	178	O-H	110	C-C	83	C-H	99
C-O	86	O=O	118				

DATOS:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $1 \text{ cal}=4,18 \text{ J}$

DATOS:

*Masas atómicas relativas:*

$P=30,97$      $H=1,00$      $N=14,01$

$O=16,00$      $Mg=24,31$      $C=12,00$

$K=39,10$

# OLIMPIADA DE QUÍMICA 2004-2005

## FASE LOCAL

4 de Febrer de 2005

Es disposa d'un temps màxim de setenta-cinc minuts per resoldre aquesta part de la prova.

### QÜESTIONS

1. En els següents paràgrafs modifica, d'allò que no està subratllat, el que siga incorrecte:

- Per a un fotó la relació entre la freqüència ( $\nu$ ) i la longitud d'ona ( $\lambda$ ) és  $\nu=1/\lambda$
- Els fotons de llum ultravioleta de  $\lambda=300$  nm posseeixen menor energia que els de radiació infrarroja de  $\lambda=1000$  nm.
- En un àtom hidrogenoide l'energia dels orbitals 3d és major que la del 3s.
- Si un electró té números quàntics  $n=6$ ,  $l=4$ ,  $m_l=-3$ ,  $m_s=+1/2$  l'orbital que ocupa és el 6f.
- La sèrie de línies de Balmer de l'àtom d'hidrogen correspon a les transicions des de  $n=3, 4, 5, 6, \dots$  fins  $n=1$  ( $n$ =número quàntic principal).

2. Completa la taula següent:

Z	Element	Símbol	grup	bloc	Configuració electrònica de...	número d'electrons desemparellats de...
28		Ni			Ni <sup>2+</sup> :	Ni <sup>2+</sup> :
33		As			As <sup>3-</sup> :	As <sup>3-</sup> :
53		I			I:	I:
79		Au			Au:	Au:

3. Es dissol iode (s) utilitzant metanol com dissolvent. Explica:

- tipus de forces que cal trencar en el iode per dissoldre'l.
- tipus d'interaccions que cal trencar entre les molècules de metanol per tal que interaccione amb el iode dissolt.
- Tipus d'interaccions existents entre el iode dissolt i les molècules del dissolvent.

4. El rodi cristalitza en una xarxa cúbica centrada a les cares (o cúbica d'empaquetament compacte). a) Descriu aquesta estructura i indica el número de coordinació de l'àtom de rodi. b) Indica el número d'àtoms de rodi per cada cel·la unitat.

5. Indica en cadascun dels següents casos si es tracta de conductors o no, justificant la resposta:

Cu (s), CH<sub>3</sub>OH (s), CH<sub>3</sub>OH (l), NaF (s), NaF (l), NaF (aq), C (diamant).

6. 2,6482 g d'una mescla de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i VO<sub>2</sub> es va sotmetre a diferents operacions que van donar lloc a 2,248 g de V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Calcula la composició de la mescla inicial. Dades: masses moleculars relatives: V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 181,88; VO<sub>2</sub> = 82,94; V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 149,88

7. De les següents molècules indica les que són polars i les que són apolars: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>.

8. De les següents molècules o ions indica els que són tetraèdrics: CCl<sub>4</sub>, SF<sub>4</sub>, ICl<sub>4</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

9. Ordena les següents espècies pel seu tamany creixent: Al<sup>3+</sup>, O<sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, N<sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ne.

10. Calcula la longitud d'ona, la freqüència i l'energia de la radiació que s'emet quan l'electró de l'àtom d'hidrogen salta del nivell n=3 a n=1. A quina línia de l'espectre correspon? Si l'energia de l'electró al seu estat fonamental és de 13,6 eV, calcula l'energia de l'electró en el nivell n=3. Dades: Constant de Rydberg, R<sub>H</sub>=109677 cm<sup>-1</sup>; velocitat de la llum en el buit, c=3·10<sup>10</sup> cm/s; constant de Planck, h=6,63·10<sup>-34</sup> J·s; equivalència: 1 eV=1,6·10<sup>-19</sup> J.



**OLIMPIADA DE QUÍMICA 2004-2005**  
**FASE LOCAL**  
**4 de Febrero de 2005**

*Se dispone de un tiempo máximo de setenta y cinco minutos para esta parte de la prueba.*

**CUESTIONES**

1. En los siguientes párrafos modifica, de aquello que no está subrayado, lo que sea incorrecto:

- a) Para un fotón la relación entre la frecuencia ( $\nu$ ) y la longitud de onda ( $\lambda$ ) es  $\nu = 1/\lambda$
- b) Los fotones de luz ultravioleta de  $\lambda = 300$  nm poseen menor energía que los de radiación infrarroja de  $\lambda = 1000$  nm.
- c) En un átomo hidrogenoide la energía de los orbitales 3d es mayor que la del 3s.
- d) Si un electrón tiene números cuánticos  $n=6$ ,  $l=4$ ,  $m_l=-3$ ,  $m_s=+1/2$  el orbital que ocupa es el 6f.
- e) La serie de líneas de Balmer del átomo de hidrógeno corresponde a las transiciones desde  $n=3, 4, 5, 6, \dots$  hasta  $n=1$  ( $n$ =número cuántico principal).

2. Completa la tabla siguiente:

Z	Elemento	Símbolo	grupo	bloque	Configuración electrónica de...	número de electrones desparejados de...
28		Ni			Ni <sup>2+</sup> :	Ni <sup>2+</sup> :
33		As			As <sup>3-</sup> :	As <sup>3-</sup> :
53		I			I <sup>-</sup> :	I <sup>-</sup> :
79		Au			Au:	Au:

3. Se disuelve yodo (s) utilizando metanol como disolvente. Explica:
- a) tipos de fuerzas que hay que romper en el yodo para disolverlo.
- b) tipos de interacciones que hay que romper entre las moléculas de metanol para que interaccione con el yodo disuelto.

c) Tipos de interacciones existentes entre el yodo disuelto y las moléculas del disolvente.

4. El rodio cristaliza en una red cúbica centrada en las caras (o cúbica de empaquetamiento compacto). a) Describe esta estructura e indica el número de coordinación del átomo de rodio. b) Indica el número de átomos de rodio por cada celda unidad.

5. Indica en cada uno de los siguientes casos si se trata de conductores o no, justificando la respuesta:

Cu (s), CH<sub>3</sub>OH (s), CH<sub>3</sub>OH (l), NaF (s), NaF (l), NaF (ac), C (diamante).

6. 2,6482 g de una mezcla de V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y VO<sub>2</sub> se sometió a diferentes operaciones que dieron lugar a 2,248 g de V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Calcula la composición de la mezcla inicial. Datos: masas moleculares relativas: V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 181,88; VO<sub>2</sub> = 82,94; V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 149,88

7. De las siguientes moléculas indica las que son polares y las que son apolares: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, BCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>.

8. De las siguientes moléculas o iones indica las que son tetraédricas: CCl<sub>4</sub>, SF<sub>4</sub>, ICl<sub>4</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

9. Ordena las siguientes especies por su tamaño creciente: Al<sup>3+</sup>, O<sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, F<sup>-</sup>, N<sup>3-</sup>, Na<sup>+</sup>, Ne.

10. Calcula la longitud de onda, la frecuencia y la energía de la radiación que se emite cuando el electrón del átomo de hidrógeno salta del nivel n=3 a n=1. ¿A qué línea del espectro corresponde? Si la energía del electrón en su estado fundamental es de 13,6 eV, calcula la energía del electrón en el nivel n=3. Datos: Constante de Rydberg, R<sub>H</sub>=109677 cm<sup>-1</sup>; velocidad de la luz en el vacío, c=3·10<sup>10</sup> cm/s; constante de Planck, h=6,63·10<sup>-34</sup> J·s; equivalencia: 1 eV=1,6·10<sup>-19</sup> J.