



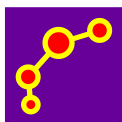
Universitat
de les Illes Balears



Col·legi Oficial
de Químics
de les Illes Balears

Departament de Química

XXXVII Olimpíada de Química
a les Illes Balears
7 de Març de 2024



Associació de
Químics de les
Illes Balears

La durada màxima de la prova és de dues hores i mitja. Heu de contestar cada apartat (a, b, c i d) en quadernets diferents. Poseu clarament el vostre nom i el del centre a tots els quadernets.

a. (30 %) Exercici Teòric (Preguntes multi resposta)

Aquesta part està constituïda per un qüestionari amb 12 preguntes i quatre respostes per a cada pregunta, de les quals només pots triar-ne una. Indica la que consideris correcta. Per cada dues respostes errades es descompta una encertada, la resposta en blanc val zero punts.

1. Tot seguit, es donen les configuracions electròniques de dos àtoms neutres:



Tria la resposta correcta:

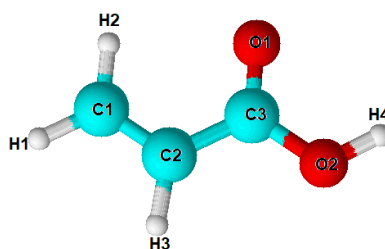
- Són dos elements diferents.
 - L'energia electrònica de l'àtom A és major que la de l'àtom B.
 - Tots dos són el mateix element i és un gas noble.
 - Tots dos són el mateix element i és un metall de transició.
2. El titani i el coure són dos metalls, situats en el quart període de la Taula Periòdica dels elements. Els seus nombres atòmics són 22 i 29, respectivament. Tots dos poden formar sals en un estat d'oxidació +2. En aquestes condicions, les configuracions electròniques de l'estat fonamental dels ions Ti^{2+} i Cu^{2+} seran, respectivament:
- $[Ar] 3d^2$; $[Ar] 3d^8 4s^1$
 - $[Ar] 4s^2$; $[Ar] 3d^7 4s^2$
 - $[Ar] 3d^1 4s^1$; $[Ar] 3d^8 4s^1$
 - $[Ar] 3d^2$; $[Ar] 3d^9$
3. A finals del segle XIX i principis del XX, els espectroscopistes aportaren informació experimental molt valuosa per establir l'estructura electrònica dels àtoms. Concretament, a la zona espectral ultraviolada de l'espectre d'emissió de l'àtom d'hidrogen, es varen trobar un conjunt de línies (sèrie de Lyman) que van esser interpretades com a llum emesa per l'electró atòmic quan aquest canviava de nivell electrònic, des de nivells d'energia superior al nivell electrònic de més baixa energia (fonamental). A la taula següent es mostren els valors de les longituds d'ona d'algunes d'aquestes línies:

Línia	Primera	Segona	Tercera	Darrera (límit)
Longitud d'ona (nm)	121,6	102,5	97,2	91,15

D'acord amb aquesta informació (si h és la constant de Planck i c la velocitat de la llum)

- L'energia de l'electró de l'àtom d'hidrogen al seu estat fonamental és $h \cdot c / 121,6$.
- L'energia de la segona línia correspon a la diferència d'energia entre els nivells electrònics $n=3$ i $n=1$.
- L'energia de la línia segona correspon a la diferència d'energia entre els nivells electrònics $n=2$ i $n=1$.
- L'energia del fotó de la línia límit és la més petita de la sèrie.

4. A la figura es dona una representació de la molècula d'àcid acrílic, un líquid orgànic incolor que s'utilitza com a reactiu per a l'obtenció de fibres polimèriques acríliques:



La seva fórmula empírica és $C_3H_4O_2$. Amb aquesta informació, podem deduir els següents fets sobre els seus enllaços i estructura molecular:

- La molècula és plana i iònica.
- La molècula és plana i polar.
- La molècula és piramidal i apolar.
- Tots els àtoms de C utilitzen Orbitals Atòmics (OA) híbrids sp^3 per formar enllaços covalents entre ells.
- Tots els àtoms de C i O de la molècula utilitzen OA híbrids sp^3 per formar enllaços covalents entre ells.
- Els àtoms C1, C2, C3 i O1 utilitzen OA híbrids sp^2 per formar enllaços covalents entre ells.

Tria les afirmacions que siguin correctes.

- Només la 1 i la 5 són correctes.
- Només la 3 i la 4 són correctes.
- Només la 2 i la 4 són correctes.
- Només la 2 i la 6 són correctes.

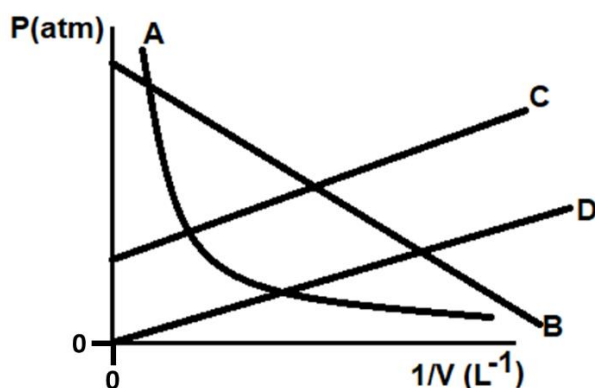
5. A la taula següent, es donen les fórmules moleculars de quatre compostos orgànics i les seves masses molars:

Fórmula molecular i nom	Massa molar (g/mol)
(A) Acetona CH_3COCH_3	58
(B) Butà $CH_3CH_2CH_2CH_3$	58
(Ac) Àcid acètic CH_3COOH	60

Les temperatures d'ebullició d'aquestes molècules són: $-0,5^\circ C$, $118^\circ C$ i $56,6^\circ C$. Tria la combinació correcta de substàncies i temperatures d'ebullició:

- a) (A) $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (B) $56\text{ }^{\circ}\text{C}$; (Ac) $118\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 b) (A) $56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$; (B) $-0,5^{\circ}\text{C}$; (Ac) $118\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 c) (A) $118\text{ }^{\circ}\text{C}$; (B) $-0,5^{\circ}\text{C}$; (Ac) $56\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 d) (A) $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (B) $118\text{ }^{\circ}\text{C}$; (Ac) $56\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6. Al laboratori, quatre alumnes fan mesures de com canvia la pressió que exerceixen 20 g de gas metà a mesura que es varia el volum del recipient que els conté (a temperatura constant). Una vegada finalitzat l'experiment, representen els resultats obtinguts i les gràfiques que obtenen són molt diferents. Quina és la representació correcta?



- a) Totes les gràfiques són correctes.
 b) Només la gràfica A és correcta.
 c) Les gràfiques B, C i D són correctes.
 d) Només la gràfica D és correcta.
7. S'ha preparat una dissolució d'àcid sulfúric en aigua. La dissolució té una densitat de $1,498\text{ g/cm}^3$ i una riquesa del 33% en pes de solut. Fins a quin volum s'han de diluir 500 mL de dissolució si la dissolució final ha d'esser 1M en sulfúric?
- a) 10,0 L.
 b) 5,0 L.
 c) 2,5 L.
 d) 2,0 L.
8. L'hemoglobina, present als glòbuls vermells de la sang, és la proteïna encarregada de transportar l'oxigen des del pulmó fins a les cèl·lules dels teixits. L'oxigen viatja coordinat amb un àtom de ferro present al grup hemo de la proteïna. Es coneix que hi ha aproximadament $2,60 \cdot 10^{13}$ glòbuls vermells, amb un total de 2,90 g de ferro a la sang d'un humà adult. Quants àtoms de ferro conté (aproximadament de mitjana) cada glòbul vermell?
- a) $5,01 \cdot 10^{12}$
 b) $1,20 \cdot 10^9$
 c) $1,12 \cdot 10^{-13}$
 d) $1,00 \cdot 10^{13}$
9. A la taula següent, es donen els valors de les entalpies d'enllaç ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1 atm de pressió.

C-H	C-C	C=C	C \equiv C	O=O	C=O	O-H
400	348	614	830	500	800	460

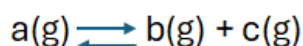
Quina serà l'entalpia de combustió de l'etè en les mateixes condicions de pressió i temperatura?

- a) +1.006 kJ/mol
- b) -1.006 kJ/mol
- c) +1.326 kJ/mol
- d) -1.326 kJ/mol

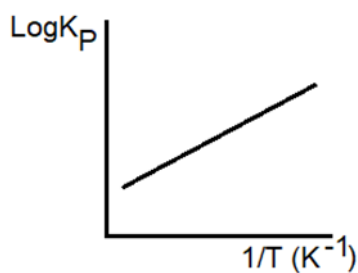
10. Per una substància en fase de vapor que condensa espontàniament, quina de les següents afirmacions és certa?

- a) Els increments, ΔG , ΔH i ΔS , són negatius.
- b) Els increments, ΔG , ΔH són negatius, però el ΔS és positiu.
- c) Els increments, ΔG , ΔS són negatius, però el ΔH és positiu.
- d) Els increments, ΔH , ΔS són negatius, però el ΔG és positiu.

11. Una reacció química genèrica entre substàncies gasoses ve expressada per la següent equació:



D'altra banda, s'ha estudiat la variació de la constant d'equilibri de la reacció amb la temperatura, i s'ha trobat la següent tendència:



Si la concentració, tant de productes com de reactius, és 1 M, a 25°C, la reacció està en equilibri. Amb aquesta informació, podem dir que:

1. Si s'augmenta la temperatura, $[a] < 1$ M al nou equilibri.
2. Si disminueix la temperatura, $[a] < 1$ M al nou equilibri.
3. Si s'augmenta la pressió, $[a] < 1$ M al nou equilibri.
4. Si s'augmenta el volum, $[a] < 1$ M al nou equilibri.

Tria el conjunt correcte de les frases anteriors.

- a) 1 i 2.
- b) 2 i 3.
- c) 3 i 4.
- d) 2 i 4.

12. L'equació de velocitat de cert procés químic és $v = k \cdot [A] \cdot [B]^2$. Com varia la velocitat de la reacció si es redueix a la meitat la concentració del reactiu B i no es varien la resta dels factors que afecten a la velocitat?

- a) La velocitat augmenta el doble del seu valor inicial.
- b) La velocitat augmenta quatre vegades el seu valor inicial.
- c) La velocitat disminueix quatre vegades el seu valor inicial.
- d) La velocitat disminueix a la meitat del seu valor inicial.

b. (25%) Exercici de problemes A.

Problema A1. Encara que elements químics com l'or, la plata, el coure i el mercuri es coneixien des de l'antiguitat, el primer element químic descobert, per l'alquimista alemany Henning Brand al voltant de l'any 1669, va ser el fòsfor:

- a) Ara sabem que el fòsfor té 15 protons al seu nucli. Podries indicar de forma raonada el grup i el període de la taula periòdica al qual pertany.
- b) A l'any 2004 es descobrí un dels darrers elements químics, el qual és conegut com el moscovi (Mc). El moscovi es va formar bombardejant calci-48 amb americi-243. Si en aquesta reacció nuclear es desprèn un neutró, podries indicar el nombre atòmic i el nombre màssic del moscovi que es va produir?
- c) Considerant la seva posició a la taula periòdica. Què tenen en comú el fòsfor i el moscovi? Raona la resposta.
- d) Indica els quatre nombres quàntics que poden caracteritzar els electrons de la capa de valència del moscovi en el seu estat fonamental.
- e) Un dels compostos més importants del fòsfor és el fosfà (PH_3), que és un gas incolor, inflamable i amb un olor característic a peix. Quina geometria tindrà una molècula de fosfà? Quin serà el seu angle d'enllaç aproximat? Serà polar? Raona les respostes.
- f) Qui tindrà major punt d'ebullició, el fosfà o l'amoniac? Raona la resposta.

Problema A2. El triòxid de sofre és un compost molt important com a precursor de la fabricació d'àcid sulfúric. A temperatura ambient és un gas contaminant i és un dels principals causants de la pluja àcida. Es pot obtenir per l'oxidació del diòxid de sofre en presència d'un catalitzador com el pentòxid de divanadi segons la reacció en equilibri següent: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$.

Si dins un recipient de 5,0 litres s'introdueixen 0,1 mols de diòxid de sofre, 0,1 mols d'oxigen i 0,1 mols de triòxid de sofre, el sistema arriba a l'equilibri a la temperatura de 500 K i a la pressió de 2,4 atm. També se sap que la K_c d'aquest equilibri té un valor comprès entre 80 i 150. Amb aquestes dades:

- a) Raona en quin sentit evolucionarà la reacció fins que s'arribi a l'equilibri.
- b) Calcula la concentració de cada gas a l'equilibri.
- c) Determina el valor exacte de K_c . Indica les unitats.
- d) Calcula la pressió parcial de cada gas a l'equilibri.
- e) Calcula el valor de K_p .

c. (25%) **Exercici de problemes B.**

Problema B1. Es coneix que una determinada substància en forma de gas conté un 48,7% de carboni (C), un 8,1% d'hidrogen (H) i la resta d'oxigen (O). A més, també es coneix que la seva densitat, mesurada a 1 atmosfera i a 273 K, presenta un valor de $3,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$:

- Calcula la fórmula empírica d'aquesta substància.
- Determina la seva massa molecular.
- Calcula la seva fórmula molecular.
- Formula i anomena tres possible isòmers d'aquesta substància.

Problema B2. La nitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ (Figura 1), a temperatura ambient és una substància oliosa tradicionalment utilitzada per a la fabricació d'explosius. De fet, el senyor Alfred Nobel (Figura 2) ja la va utilitzar al 1866 per a la fabricació de la dinamita.

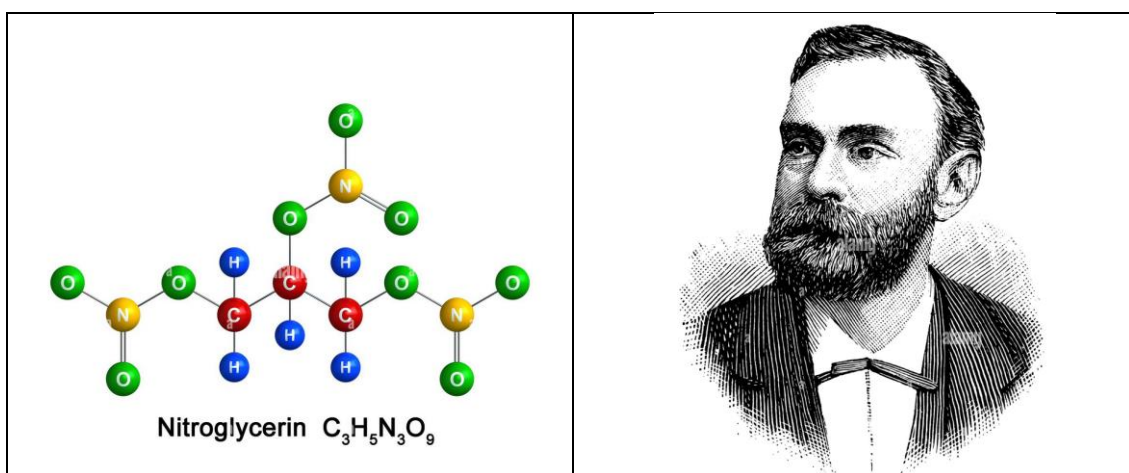


Figura 1: Estructura química de la nitroglicerina. **Figura 2:** Alfred Bernhard Nobel (1833-1896).

A la pressió d'una atmosfera i a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, la nitroglicerina es descompon produint dinitrogen, diòxid de carboni, oxigen i aigua. A més, se sap que s'obté una energia de $67,9 \text{ kJ}$ a partir de la descomposició de $10,0 \text{ g}$ de nitroglicerina.

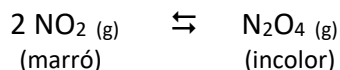
- Escriu i ajusta la reacció de descomposició de la nitroglicerina
- Quin volum d'oxigen s'obtindrà, en condicions normals, a partir de la descomposició d'un cartutx que conté 250 g de nitroglicerina?
- Calcula l'entalpia estàndard de formació de la nitroglicerina.
- Es pot assegurar que el procés de descomposició de la nitroglicerina és espontani a qualsevol temperatura? Justifica la resposta.

Dades: Entalpies estàndard de formació a 298 K : $\Delta H_f^\circ (\text{CO}_{2(\text{g})}) = -393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}) = -285,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

d.(20%) Supòsit Pràctic

El diòxid de nitrogen és un gas tòxic que es forma en determinats processos de combustió i, juntament amb d'altres, és un precursor de la pluja àcida.

És un gas de color marronós que, per dimerització reversible, forma tetròxid de dinitrogen (incolor). Entre ambdós gasos s'estableix el següent equilibri químic:



que és exotèrmic ($\Delta H < 0$) en el sentit: $2 \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$.

D'altra banda, al laboratori, el diòxid de nitrogen es pot obtenir fàcilment per reacció entre el coure metall amb àcid nítric relativament concentrat.

Com ho faries per demostrar que la temperatura afecta al desplaçament de l'esmentat equilibri químic?

A la resposta, explica detalladament el procediment experimental que seguiries, tot indicant el nom del material que faries servir, les mesures de seguretat que adoptaries i incorpora un dibuix explicatiu.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	0
1	1 H 1,00794																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,0107	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,1797
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,3050											13 Al 26,9815	14 Si 28,0855	15 P 30,9738	16 S 32,066	17 Cl 35,4527	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc (98,9063)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,42	47 Ag 107,8682	48 Cd 112,411	49 In 114,818	50 Sn 118,710	51 Sb 121,760	52 Te 127,60	53 I 126,9045	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,327	57 * La 138,906	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po (208,98)	85 At (209,99)	86 Rn (222,02)
7	87 Fr (223,02)	88 Ra (226,03)	89 * Ac (227,03)	104 Rf (261,11)	105 Db (262,11)	106 Sg (263,12)	107 Bh (264,12)	108 Hs (265,13)	109 Mt (268)	110 Uun (269)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	113 Uut ()	114 Uuq (285)	115 Uup ()	116 Uuh (289)	117 Uus ()	118 Uuo (293)

58 Ce 140,116	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24	61 Pm (144,913)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np (237,048)	94 Pu (244,06)	95 Am (243,06)	96 Cm (247,07)	97 Bk (247,07)	98 Cf (251,08)	99 Es (252,08)	100 Fm (257,10)	101 Md (258,10)	102 No (259,10)	103 Lr (262,11)

Constants: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$