

Contesta fins a un màxim de 5 preguntes d'entre totes les proposades a les opcions A i B de l'examen. Utilitza la taula periòdica adjunta. Pots usar la calculadora.

La puntuació màxima de cada pregunta està indicada a l'inici de la pregunta. La nota de l'examen és la suma de les puntuacions.

## OPCIÓ A

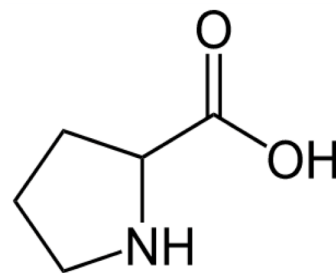
### 1A. (2 punts)

El premi Nobel de Química de l'any 2021 va ser concedit als investigadors Benjamin List i David WC MacMillan (figura 1) pel desenvolupament d'un nou tipus de catalitzadors, els quals regulen l'obtenció de molècules d'una forma més eficient i més respectuosa amb el medi ambient.

En concret, aquests investigadors utilitzaren la prolina (figura 2) com a catalitzador per a la producció de nous composts de gran interès per a la indústria farmacèutica.



**Figura 1.** Benjamin List i David WC MacMillan



**Figura 2.** Estructura química de la prolina

- Anomena els grups funcionals que apareixen a la prolina.
- Indica, de forma raonada, la veracitat de l'afirmació següent:  
«l'ús d'un catalitzador disminueix la constant de velocitat de la reacció».
- Anomena els composts següents:  $\text{HNO}_3$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

### 2A. (2 punts)

El trihidrur de fòsfor,  $\text{PH}_3$  (també conegut com a fosfina), a temperatura ambient és un gas incolor que es reconeix fàcilment per la forta olor d'all.

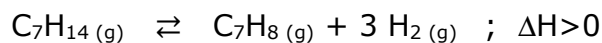
- Explica la geometria de la molècula de  $\text{PH}_3$  segons la teoria de la repulsió de parells electrònics de la capa de valència (TRPECV).
- Indica si es tracta d'una molècula polar o apolar. Justifica la resposta.
- Justifica, de forma raonada, per què el punt d'ebullició de l'amoníac,  $\text{NH}_3$  ( $-33^\circ\text{C}$ ), és més elevat que el punt d'ebullició del  $\text{PH}_3$  ( $-87,7^\circ\text{C}$ ).

- d) Quin és el significat del següent pictograma, el qual apareix a la fitxa tècnica del  $\text{PH}_3$ ?



### 3A. (2 punts)

El toluè ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) és un hidrocarbur aromàtic que s'utilitza per a la producció d'explosius, com el TNT, colorants, detergents i altres productes. El toluè es pot obtenir a partir de la deshidrogenació del metilciclohexà ( $\text{C}_7\text{H}_{14}$ ) mitjançant la reacció química següent:



En un recipient d'1 litre, inicialment buit, s'introdueixen 0,6 mols de metilciclohexà i s'escalfen a 700 K, de forma que, una vegada assolit l'equilibri, hi ha 0,45 mols de dihidrogen dins la mescla gasosa.

- Determina la constant d'equilibri en concentracions ( $K_c$ ) i la constant d'equilibri en pressions ( $K_p$ ), ambdues a 700 K.
- Quin efecte tindrà sobre la concentració de toluè present a la mescla gasosa en equilibri un augment de la temperatura? Justifica la resposta.

### 4A. (2 punts)

La indústria química produeix grans quantitats d'àcid cianhídric (HCN) arreu del món. S'utilitza per fabricar explosius, fibres sintètiques, plàstics, pesticides, etc.

Una dissolució aquosa d'aquest compost, a 25 °C, presenta un pH = 4,3.

Calcula:

- La concentració, en mol/L, d'aquesta dissolució.
- El grau de dissociació de l'àcid cianhídric.
- Sense necessitat de fer càlculs numèrics, explica si una dissolució de NaCN presentarà un pH àcid, bàsic o neutre.

Dades: constant d'acidesa de l'àcid cianhídric a 25 °C,  $K_a = 6,2 \times 10^{-10}$

### 5A. (2 punts)

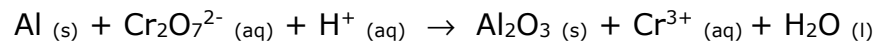
Indica, de forma raonada, la veracitat de les següents afirmacions relacionades amb l'estructura atòmica i les propietats periòdiques dels elements:

- El valor del nombre quàntic principal,  $n$ , està associat a l'energia i a la forma d'un orbital.
- El radi de l'àtom de sodi (Na) és més gran que el radi del seu catió ( $\text{Na}^+$ ).
- La següent combinació de nombres quàntics (2,0,0,+1/2) correspon a un electró de l'orbital 2p.
- El liti (Li) és més electronegatiu que el fluor (F).

## OPCIÓ B

### 1B. (2 punts)

Una indústria química obté alumini metàl·lic,  $\text{Al}_{(s)}$ , a partir del mineral criolita. Posteriorment, i per protegir-lo de la corrosió, la capa superficial d'alumini metàl·lic es transforma en  $\text{Al}_2\text{O}_3_{(s)}$  mitjançant la reacció química no ajustada següent:

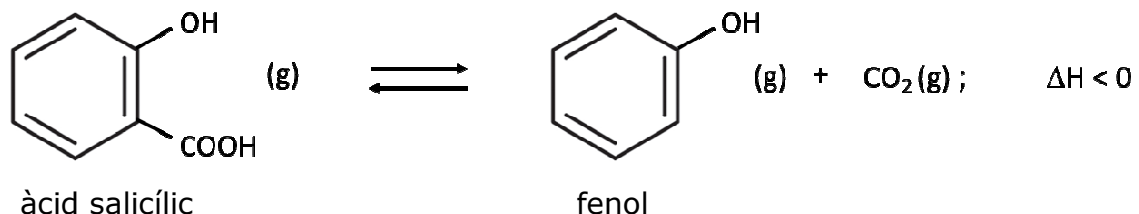


- Ajusta la reacció iònica mitjançant el mètode ió-electró.
- Indica quina és l'espècie que actua com a oxidant. Justifica la resposta.
- Explica, de forma raonada, per què en les mateixes condicions ambientals és més fàcil que es corroeixi el magnesi (Mg) que l'alumini.

Dades: potencials estàndard de reducció a 25 °C,  $E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,66 \text{ V}$  i  $E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37 \text{ V}$

### 2B. (2 punts)

L'àcid salicílic ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ ) és un compost que es troba present en molts productes utilitzats en medicina. A una temperatura de 473 K, aquest àcid es descompon i produeix fenol ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ ) i diòxid de carboni, segons la reacció química ajustada següent:



Al laboratori, introduïm 0,345 g d'àcid salicílic en un recipient de 50 mL i l'escalfam a 473 K. Una vegada la mescla assoleix l'equilibri químic, recollim el  $\text{CO}_2$  gasós obtingut en un altre recipient i comprovam que aquest gas ocupa un volum de 48,9 mL, mesurat a 1 atm i a 298 K.

- Calcula la constant d'equilibri en concentracions ( $K_c$ ) corresponent a la reacció de descomposició de l'àcid salicílic a 473 K.
- Si féssim el mateix experiment en un recipient de 1000 mL, mantenint la temperatura a 473 K, augmentaria la descomposició d'àcid salicílic? Justifica la resposta.
- Indica, de forma raonada, si aquest procés és espontani a qualsevol temperatura.

### 3B. (2 punts)

L'àcid sulfúric ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) és, probablement, un dels reactius més utilitzats en un laboratori de química.

- Quin volum es necessita d'una dissolució d'àcid sulfúric concentrat, el qual té una riquesa del 96% (en pes) i una densitat d'1,82 g/mL, per preparar 250 mL d'una dissolució d'àcid sulfúric de concentració 70 g/L?
- Explica el procediment i el material de laboratori necessari per preparar la dissolució de l'apartat anterior.

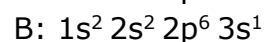
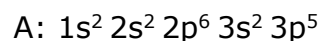
### 4B. (2 punts)

L'àcid benzoic ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) és un àcid carboxílic monopròtic que s'utilitza en l'elaboració de cosmètics, tints, plàstics i repel·lents d'insectes. La constant d'acidesa ( $K_a$ ) de l'àcid benzoic, a 25 °C, presenta un valor de  $6,4 \times 10^{-5}$ .

- Al laboratori es preparen 500 mL d'una solució aquosa que conté 6,10 g d'àcid benzoic. Calcula el pH d'aquesta dissolució a 25 °C.
- Una indústria química ha comprat una solució aquosa d'àcid benzoic. Per conèixer-ne la concentració, es valoren 25 mL d'aquesta solució amb una solució aquosa d'hidroxid sòdic ( $\text{NaOH}$ ) 0,115 M, i es consumeixen 38,6 mL d'aquesta base per arribar al punt final de la valoració.  
Escriu la reacció de neutralització que té lloc i calcula la concentració de la solució aquosa d'àcid benzoic, expressada en g/L.

### 5B. (2 punts)

Dos elements químics, A i B, presenten les configuracions electròniques següents:



- Indica, de forma raonada, la posició (grup i període) de cada un d'aquests dos elements a la taula periòdica.
- Si se sap que els valors de les primeres energies d'ionització són 496 i 1250 kJ/mol, justifica quin és el valor que correspon a cada un dels dos elements (A i B).
- Raona quin dels dos elements presenta més tendència a formar enllaços de caràcter metàl·lic.
- Explica, de forma raonada, el tipus d'enllaç que presentarà la molècula  $\text{A}_2$ .

## SOLUCIONS

### OPCIÓ A

#### 1A. (2 punts)

##### Pregunta competencial

a) Grups amino i àcid carboxílic.

**0,5 punts**

b) Fals. El catalitzador disminueix l'energia d'activació ( $E_a$ ) de la reacció química i, per tant, com es pot comprovar a partir de l'equació d'Arrhenius ( $k = k_0 e^{-E_a/RT}$ ), el valor de  $k$  augmentarà, i això implica un augment de la velocitat de reacció.

**0,5 punts**

c) Formulació:

$\text{HNO}_3$ : àcid nítric (o hidroxidodioxidonitrogen o hidrogen(trioxidonitrat))

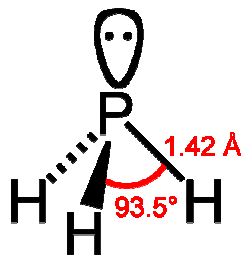
**0,5 punts**

$\text{NH}_4\text{Cl}$ : clorur d'amoni

**0,5 punts**

#### 2A. (2 punts)

a) Estructura química de la molècula  $\text{PH}_3$



(Lewis correcte, 0,25 punts)

Piràmide trigonal (o triangular): la molècula de  $\text{PH}_3$  és una molècula del tipus  $\text{AB}_3\text{E}$  amb tres parells d'electrons compartits i un parell sense compartir, això fa que presenti una geometria de piràmide trigonal (o triangular).

**0,5 punts**

- b) Donada la geometria de la molècula de  $\text{PH}_3$ , no s'anul·len els moments dipolars ( $\sum \mu \neq 0$ ) i, per tant, es tracta d'un **compost polar**.

**0,5 punts**

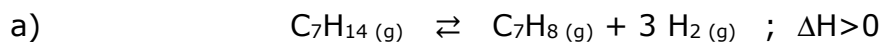
- c) L'amoniac també és una molècula del tipus  $\text{AB}_3\text{E}$ , com la de  $\text{PH}_3$ , amb tres parells d'electrons compartits i un parell sense compartir. Ambdues molècules s'uneixen mitjançant enllaços dipol permanent – dipol permanent (forces de Van der Waals); però, a més a més, en el cas de l'amoniac, també es formen enllaços per **pont d'hidrogen**, el qual fa que es necessiti més energia (més calor) per poder rompre les interaccions i provocar el canvi d'estat de líquid a gas.

**0,5 punts**

- d) Inflamable.

**0,5 punts**

**3A. (2 punts)**



Inicial:	0,6	-	-
Equilibri:	$0,6 - x$	$x$	$3x$

D'acord amb l'enunciat;  $3x = 0,45$ , per tant,  $x = 0,15 \text{ mol}$  (0,25 punts)

$$K_c = \frac{[\text{C}_7\text{H}_8][\text{H}_2]^3}{[\text{C}_7\text{H}_{14}]} = \frac{\frac{x}{V} \left(\frac{3x}{V}\right)^3}{\frac{0,6-x}{V}} = 0,0304 \quad (\text{expressió } K_c; 0,25 \text{ punts}) \quad \mathbf{1 \text{ punt}}$$

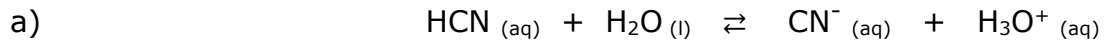
- b)

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} = 0,0304 (0,082 \cdot 700)^3 = 5749,2 \quad \mathbf{0,5 \text{ punts}}$$

- c) Si augmenta la temperatura, pel principi de Le Chatelier, la reacció tendirà a absorbir calor per mantenir l'equilibri; per tant, es desplaçarà cap al sentit endotèrmic, és a dir, cap als productes, *augmentant així la concentració de toluè a la mescla reaccionant*.

**0,5 punts**

#### 4A. (2 punts)



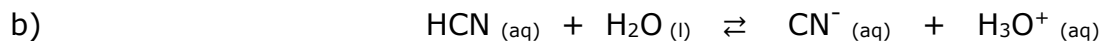
Inicialment:	$C_0$	-	-	-
Equilibri:	$C_0 - x$		$x$	$x$

$$\text{pH} = 4,3 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x;$$

per tant,  $x = 10^{-4,3} = 5,01 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  **(0,25 punts)**

$$K_a = \frac{(C_0 - x)^2}{C_0 - x} = 6,2 \cdot 10^{-10} \quad \text{i suposant } C_0 - x \cong C_0 \quad \textbf{(0,25 punts)}$$

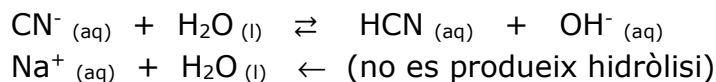
$$C_0 (\text{HCN}) = 4,05 \text{ mol/L} \quad \textbf{1 punt}$$



Inicialment:	$C_0$	-	-	-
Equilibri:	$C_0(1-\alpha)$		$C_0 \alpha$	$C_0 \alpha$

$$C_0 \alpha = x; \quad \alpha = 5,01 \times 10^{-5} / 4,05 = 1,24 \times 10^{-5} \quad \textbf{0,5 punts}$$

c) La sal NaCN en dissolució aquosa es dissociarà amb els ions  $\text{Na}^+$  i  $\text{CN}^-$ ;



Per tant, el medi tindrà un pH bàsic (sal provinent de base forta i àcid feble)

**0,5 punts**

#### 5A. (2 punts)

a) **Fals.** El valor del nombre quàntic principal (n) sí que està associat a l'energia, però no té cap relació amb la forma de l'orbital.

**0,5 punts**

b) **Fals.** L'àtom de sodi té 11 protons i 11 electrons, en canvi, el seu catió només presenta 10 electrons, per tant, la càrrega nuclear efectiva serà major al catió i això farà que els electrons estiguin més atrets cap al nucli i disminuirà el seu radi.

**0,5 punts**



- c) **Fals.** La combinació de nombres quàntics  $(2,0,0,+1/2)$  correspon a un electró de l'orbital 2s i no 2p, ja que el nombre quàntic secundari ( $l$ ) en aquest cas pren un valor de 0.

**0,5 punts**

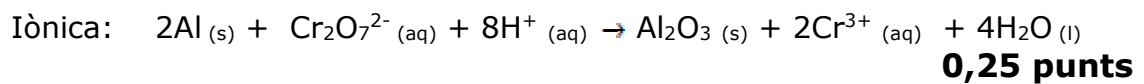
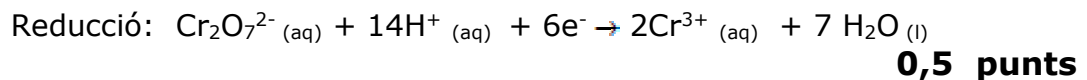
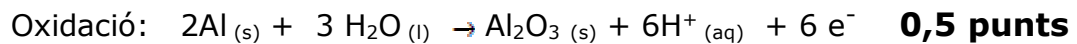
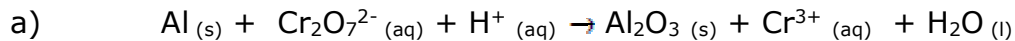
- d) **Fals.** El liti (Li) presenta un valor d'electronegativitat molt menor que el fluor (F), ja que ambdós es troben al mateix període (mateix nombre de capes), però el F té una major càrrega nuclear efectiva (9 protons) que el Li (3 protons) i això fa que l'atracció de l'àtom sobre els electrons que formen l'enllaç sigui major.

**0,5 punts**



## OPCIÓ B

### 1B. (2 punts)



b) L'espècie oxidant és el  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , ja que és l'espècie que es redueix i oxida l'alumini.

**0,25 punts**

c) El procés de corrosió implica l'oxidació del metall; per tant, aquest fa d'ànode al procés redox. Així, la FEM del procés es calcularà com a:

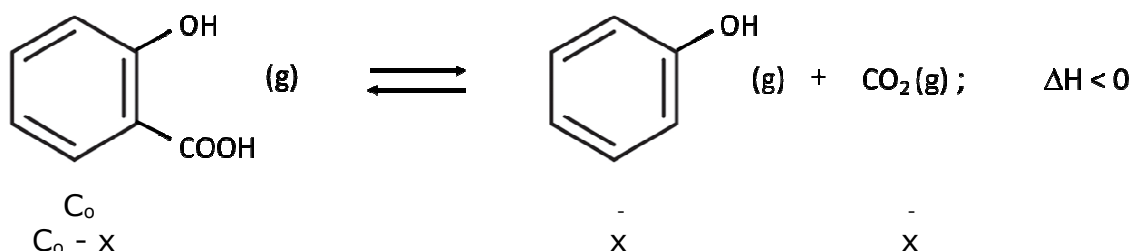
$$E^{\circ} = E^{\circ}_{\text{càtode}} - E^{\circ}_{\text{metall}}$$

Aquest fet implica que, com menor sigui el potencial de reducció del metall, més susceptible serà de ser oxidat. En el nostre cas, en les mateixes condicions ambientals, s'oxidarà més fàcilment el magnesi (amb potencial de reducció de -2,37 V) que l'alumini (-1,66 V).

**0,5 punts**

### 2B. (2 punts)

a)



Inicialment 0,345 g àcid salicílic  $\cdot \frac{\text{mol Ac.Salic.}}{138\text{g Ac.Salic.}} \cdot \frac{1}{0,05\text{ L dió}} = 0,05\text{ M àc. salic.}$

**0,25 punts**

Mols  $\text{CO}_2$  equilibri;  $n = PV/RT = 1 \times 48,9 / 0,082 \times 298 = 2,0$  mols  $\text{CO}_2$

Per tant:  $[\text{CO}_2]_{\text{eq.}} = 2 / 0,05 = 0,04 \text{ M } \text{CO}_2 (\text{g})$

**0,25 punts**

Càlcul de  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[\text{feno}][\text{CO}_2]}{[\text{àcid salicílic}]} = \frac{0,04 \times 0,04}{0,01} = 0,16$$

**0,5 punts**

b) Si augmentam el volum, l'equilibri es desplaçarà cap al lloc on augmenti el nombre de mols (principi de Le Chatelier), és a dir, cap als productes, i, per tant, com a resultat, augmentarà la descomposició d'àcid salicílic.

**0,5 punts**

c) Com es veu a l'enunciat,  $\Delta H$  és *negatiu*. Per altra banda,  $\Delta S$  és *positiu*, atès que el nombre de mols de substàncies en estat gasós als productes (2 mols) és més gran que els que hi ha com a reactius (1 mol).

$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ ;  $\Delta S$  és positiu (augment del desordre)  
 $\Delta H$  és negatiu (endotèrmica)

$\Delta G = (-) - T (+) < 0$  Per tant, el procés serà espontani ( $\Delta G < 0$ ) a qualsevol temperatura.

**0,5 punts**

### 3B. (2 punts)

- a) «dió 1»: dissolució  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrada (96% i 1.82 g/mL)  
«dió 2»: dissolució  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluïda (70 g/L)

$$250 \text{ mL dió 2} \times \frac{70 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1000 \text{ mL dió 2}} = \frac{100 \text{ g dió 1}}{96 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times \frac{1 \text{ mL dió 1}}{1,82 \text{ g dió 1}} = 10 \text{ mL H}_2\text{SO}_4 \text{ conc.}$$

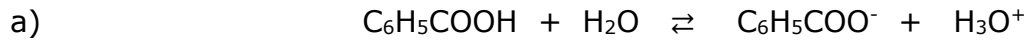
**1 punt**

- b) Procediment i **material** de laboratori:

- (1) Una vegada fets els càlculs de l'apartat (a), sabem que es necessiten 10 mL de la dissolució concentrada d'àcid sulfúric; per tant, amb una **pipeta** n'agafam aquest volum.
- (2) Abocam el contingut de la pipeta dins un **matràs aforat** de 250 mL, el qual conté un poc d'aigua destil·lada.
- (3) Afegim aigua destil·lada a poc a poc fins a prop de la línia d'aforament i ho enrasam amb l'ajut d'un **comptagotes**.

**1 punt**

#### 4B. (2 punts)



Inicialment:	$c_0$	-	-	-
Equilibri:	$c_0 - x$		$x$	$x$

Calculam  $c_0$

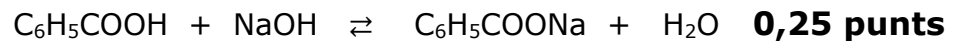
$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_0 = \frac{6,10 \text{ g}}{0,5 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{122 \text{ g}} = 0,1 \text{ M}$$

$$K_a = \frac{x^2}{c_0 - x} = 6,4 \cdot 10^{-5} \quad \text{i suposant } c_0 - x \cong c_0$$

$$x = \sqrt{\frac{K_a}{c_0}} = 0,0025 \quad \text{i} \quad \text{pH} = -\log(x) = 2,60$$

**1 punt**

b) Reacció de neutralització:



$$38,6 \text{ mL NaOH} \cdot \frac{0,115 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{COOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 0,00444 \text{ mol C}_6\text{H}_5\text{COOH}$$

Per tant, Molaritat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) =  $0,00444 \text{ mol} / 0,025 \text{ L} = 0,178 \text{ M}$

**0,5 punts**

i  $0,178 \text{ mol/L} \times 122 \text{ g/mol} = 21,72 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{COOH/L}$  **0,25 punts**

#### 5B. (2 punts)

Configuració electrònica dels àtoms considerats:

**A:** Cl ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

**B:** Na ( $Z = 11$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

- a) **Element A:** 3r període i 18è grup (gasos nobles)  
**Element B:** 3r període i 1r grup (alcalins)

**0,5 punts**

- b) Si l'element B perd un electró, assolirà la configuració de gas noble. Per tant, l'energia d'ionització necessària per dur a terme aquest procés serà inferior (és a dir, 496 kJ/mol) que la necessària per arrancar un electró de l'element A (en aquest cas, 1250 kJ/mol), el qual necessita guanyar un electró, i no perdre'l, per assolir la configuració de gas noble.

**0,5 punts**

- c) L'element B, per la seva posició en la taula i per la seva configuració electrònica, correspon a un metall, mentre que l'element A és un no-metall. Per tant, serà l'element B el que tindrà més tendència a formar un enllaç metàl·lic.

**0,5 punts**

- d) L'element A formarà un enllaç de tipus covalent compartint un electró de la darrera capa amb un altre àtom A, com es pot veure al diagrama de Lewis de la figura següent:



**0,5 punts**



## Taula Periòdica dels Elements

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	Ila	IIlb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII			Ib	IIb	IIla	IVa	Va	VIa	VIIa	O
1	1 <b>H</b> 1,00794																	2 <b>He</b> 4,0026
2	3 <b>Li</b> 6,941	4 <b>Be</b> 9,0122											5 <b>B</b> 10,811	6 <b>C</b> 12,0107	7 <b>N</b> 14,0067	8 <b>O</b> 15,9994	9 <b>F</b> 18,9984	10 <b>Ne</b> 20,1797
3	11 <b>Na</b> 22,9898	12 <b>Mg</b> 24,3050											13 <b>Al</b> 26,9815	14 <b>Si</b> 28,0855	15 <b>P</b> 30,9738	16 <b>S</b> 32,066	17 <b>Cl</b> 35,4527	18 <b>Ar</b> 39,948
4	19 <b>K</b> 39,0983	20 <b>Ca</b> 40,078	21 <b>Sc</b> 44,9559	22 <b>Ti</b> 47,867	23 <b>V</b> 50,9415	24 <b>Cr</b> 51,9961	25 <b>Mn</b> 54,9380	26 <b>Fe</b> 55,845	27 <b>Co</b> 58,9332	28 <b>Ni</b> 58,6934	29 <b>Cu</b> 63,546	30 <b>Zn</b> 65,39	31 <b>Ga</b> 69,723	32 <b>Ge</b> 72,61	33 <b>As</b> 74,9216	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,904	36 <b>Kr</b> 83,80
5	37 <b>Rb</b> 85,4678	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,9059	40 <b>Zr</b> 91,224	41 <b>Nb</b> 92,9064	42 <b>Mo</b> 95,94	43 <b>Tc</b> (98,9063)	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,905	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,8682	48 <b>Cd</b> 112,411	49 <b>In</b> 114,818	50 <b>Sn</b> 118,710	51 <b>Sb</b> 121,760	52 <b>Te</b> 127,60	53 <b>I</b> 126,9045	54 <b>Xe</b> 131,29
6	55 <b>Cs</b> 132,905	56 <b>Ba</b> 137,327	57 * <b>La</b> 138,906	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,948	74 <b>W</b> 183,84	75 <b>Re</b> 186,207	76 <b>Os</b> 190,23	77 <b>Ir</b> 192,217	78 <b>Pt</b> 195,078	79 <b>Au</b> 196,967	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,383	82 <b>Pb</b> 207,2	83 <b>Bi</b> 208,980	84 <b>Po</b> (208,98)	85 <b>At</b> (209,99)	86 <b>Rn</b> (222,02)
7	87 <b>Fr</b> (223,02)	88 <b>Ra</b> (226,03)	89 * <b>Ac</b> (227,03)	104 <b>Rf</b> (261,11)	105 <b>Db</b> (262,11)	106 <b>Sg</b> (263,12)	107 <b>Bh</b> (264,12)	108 <b>Hs</b> (265,13)	109 <b>Mt</b> (268)	110 <b>Ds</b> (271)	111 <b>Rg</b> (272)	112 <b>Cn</b> (277)	113 <b>Nh</b> ( )	114 <b>Fl</b> (285)	115 <b>Mc</b> (288)	116 <b>Lv</b> (289)	117 <b>Ts</b> ( )	118 <b>Og</b> (293)

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

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