

L'examen té 5 preguntes. La primera és obligatòria, mentre que a les preguntes 2, 3, 4 i 5 només s'ha de respondre un dels dos apartats proposats. S'avaluarà la coherència, la cohesió i la correcció gramatical, lèxica i ortogràfica, així com la presentació de les respostes.

S'ha d'utilitzar bolígraf de tinta blava o negra. Es pot fer servir la taula periòdica adjunta i una calculadora convencional (no programable).

Cada pregunta val 2 punts. Temps disponible: 90 minuts.

Pregunta 1 (2 punts) (sense opcions)

El premi Nobel de Química de l'any 2025 va ser concedit als investigadors Susumu Kitagawa, Richard Robson i Omar M. Yaghi (figura 1) pel desenvolupament de xarxes metal·loorgàniques (MOF). Aquests materials són xarxes poroses formades per ions metàl·lics units per lligands orgànics, i presenten aplicacions revolucionàries en l'emmagatzematge de gasos, la catàlisi o l'alliberament controlat de fàrmacs. Un precursor orgànic molt utilitzat en la síntesi de MOF és l'àcid benzoic (figura 2).

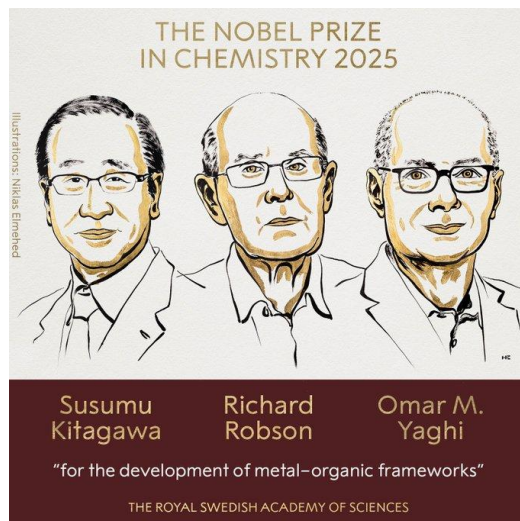


Figura 1. Susumu Kitagawa, Richard Robson i Omar M. Yaghi.

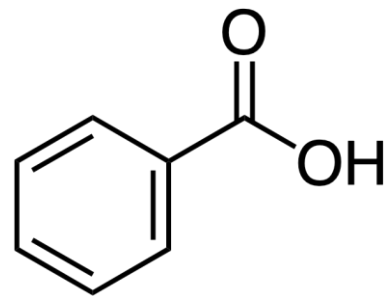


Figura 2. Estructura química de l'àcid benzoic.

a) Determina la fórmula molecular de l'àcid benzoic a partir de la seva estructura química (figura 2).

b) Les MOF poden emmagatzemar gasos dins els porus. Suposa que una determinada MOF és capaç d'omplir completament els seus porus amb CO_2 a 25 °C i 1 atm. Si el volum total de porus disponibles és de 5,0 L, calcula la massa de CO_2 (en grams) que podria quedar adsorbida en aquestes condicions.

c) Per sintetitzar una MOF al laboratori, es necessita una dissolució aquosa de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 0,10 M, ja que els ions Zn^{2+} actuaran com a centres metàl·lics en l'estructura del material. Calcula la massa de $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ sòlid necessària per preparar 250 mL d'aquesta dissolució.

d) En la síntesi de MOF s'utilitzen sovint èsters i sals metàl·liques.

i) Anomena el compost $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--COO--CH}_3$, el qual s'utilitza en estudis relacionats amb MOF.

ii) Anomena el compost $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, utilitzat com a precursor en la síntesi de MOF.

Pregunta 2. Contesta **només un** dels dos apartats: **2A o 2B**

2A. (2 punts) L'àcid fòrmic (HCOOH), present a les picades de formigues i en alguns productes de neteja, és un àcid feble monopròtic d'interès en química i biologia. A $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, una dissolució aquosa d'àcid fòrmic de concentració $0,10\text{ M}$ té un pH de 2,38.

- Calcula la constant d'acidesa (K_a) de l'àcid fòrmic.
- Es valoren $25,0\text{ mL}$ d'una dissolució de HCOOH $0,10\text{ M}$ amb una dissolució d'hidròxid de sodi (NaOH) de concentració $0,15\text{ M}$.
 - Escriu la reacció de neutralització de l'àcid fòrmic amb l'hidròxid de sodi.
 - Calcula el volum de dissolució de NaOH $0,15\text{ M}$ necessari per assolir el punt d'equivalència a la valoració anterior.

2B. (2 punts) En determinats processos industrials i de laboratori, el diòxid de carboni (CO_2) es pot obtenir mitjançant reaccions d'oxidació controlada de composts orgànics. Un mètode clàssic consisteix a fer reaccionar permanganat de potassi (KMnO_4) amb àcid oxàlic ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) en medi àcid. En aquesta reacció redox, l'ió permanganat (MnO_4^-), de color violeta intens, actua com a agent oxidant i es redueix a Mn^{2+} , mentre que l'àcid oxàlic s'oxida a diòxid de carboni (CO_2). Aquesta reacció s'utilitza habitualment en pràctiques de laboratori per estudiar processos redox, cinètica química i tècniques de valoració.

- Escriu i ajusta pel mètode de l'ió-electró la reacció química, en forma iònica, que té lloc en aquest procés.
- Calcula la massa de sulfat de manganès (II) que s'obtindrà si reaccionen 250 mL d'una dissolució de KMnO_4 $0,50\text{ M}$ amb àcid oxàlic en excés, suposant un rendiment del 75%.

Pregunta 3. Contesta **només un** dels dos apartats: **3A o 3B**

3A. (2 punts) Considera les espècies químiques següents: C_6H_{14} (hexà), SiO_2 (sílice o diòxid de silici), Al (alumini), CaCl_2 (clorur de calci).

Per a cadascuna de les situacions descrites a continuació, selecciona **una** espècie química de la llista anterior, la que millor s'hi adapti, i **justifica** la teva elecció basant-te en el tipus d'enllaç o forces intermoleculars.

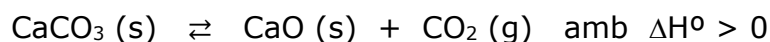
- Un compost molecular que, en estat líquid, només presenta forces de dispersió com a força intermolecular dominant.
- Un material amb un punt de fusió molt elevat ($>1600\text{ }^{\circ}\text{C}$) que, en estat sòlid, no condueix l'electricitat.
- Una substància que, en estat sòlid, presenta un «núvol d'electrons» deslocalitzats que li confereix alta conductivitat tèrmica.
- Un compost que, en dissolució aquosa, condueix l'electricitat a causa de la seva dissociació en ions.

3B. (2 punts) Justifica si les afirmacions següents són vertaderes o falses:

- a) El radi iònic de l'ió S^{2-} és menor que el radi atòmic de l'oxigen (O).
- b) L'ió Cl^- i l'àtom d'argó (Ar) són espècies isoelectròniques.
- c) La càrrega nuclear efectiva que experimenten els electrons de valència és major en l'ió S^{2-} que en l'ió Cl^- .
- d) La molècula SCl_2 és lineal i, per tant, apolar.

Pregunta 4. Contesta **només un** dels dos apartats: **4A o 4B**

4A. (2 punts) La pedra calcària, principalment formada per carbonat de calci ($CaCO_3$), ha estat un material fonamental en la construcció al llarg de la història. Quan s'escalfa a temperatures molt elevades experimenta una descomposició tèrmica per produir calç viva (CaO) i diòxid de carboni (CO_2), segons la reacció:



En un recipient tancat i inicialment buit de 2,0 L, s'introdueixen 20 g de $CaCO_3$ pur. S'escalfa a 900 °C i s'espera fins que s'assoleix l'equilibri químic. En aquestes condicions, la constant d'equilibri K_p té un valor de 0,22 atm.

- a) Calcula la pressió de CO_2 en l'equilibri químic.
- b) Determina la massa de $CaCO_3$ que haurà reaccionat.
- c) Calcula el valor de K_c per a aquest equilibri a 900 °C.
- d) Una vegada assolit l'equilibri químic a 900 °C, es refreda el sistema fins a 800 °C. Indica, de forma raonada, si la quantitat de $CaCO_3(s)$ augmenta o disminueix.

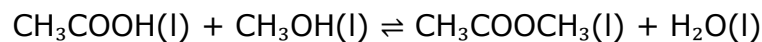
4B. (2 punts) En la indústria química i energètica, els composts orgànics tenen un paper fonamental. El metà (CH_4), per exemple, és el component principal del gas natural i constitueix un combustible essencial. D'altra banda, hidrocarburs com els alquens i cicloalcans, així com alcohols, àcids carboxílics i èsters, són matèries primeres bàsiques en la síntesi de plàstics, dissolvents, combustibles i additius alimentaris.

- a) Indica el tipus d'hibridació que presenta el carboni en la molècula de metà (CH_4) i explica la seva geometria molecular.
- b) En la indústria petroquímica i en la química orgànica és freqüent trobar composts amb la mateixa fórmula molecular, però amb estructures diferents. Indica, de forma raonada, per a cada parell de composts següents, si són isòmers. En cas afirmatiu, especifica el tipus d'isomeria que presenten:

- i) but-1-è i propanol
- ii) àcid propanoic i etanoat de metil

Pregunta 5. Contesta **només un** dels dos apartats: **5A o 5B**

5A. (2 punts) L'acetat de metil ($\text{CH}_3\text{COOCH}_3$) és un èster amb aroma de fruita, utilitzat com a additiu alimentari i com a dissolvent industrial. Es pot obtenir a partir d'àcid acètic (CH_3COOH) i metanol (CH_3OH) segons la reacció química següent:



A partir de les següents reaccions i les seves entalpies estàndard de combustió:

- i) $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_{\text{I}}^\circ = -847,2 \text{ kJ mol}^{-1}$
- ii) $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_{\text{II}}^\circ = -1452,2 \text{ kJ mol}^{-1}$
- iii) $2\text{CH}_3\text{COOCH}_3(\text{l}) + 7\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_{\text{III}}^\circ = -3182,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

- a) Calcula l'entalpia estàndard de reacció (ΔH°) per a la formació d'acetat de metil a partir d'àcid acètic i metanol.
- b) Calcula l'energia alliberada o absorbida en la producció de 500 g d'acetat de metil.
- c) Indica, de forma raonada, com es desplaça l'equilibri químic anterior si s'elimina H_2O del sistema.

5B. (2 punts) El fosgen (COCl_2), també conegut com a clorur de carbonil, és un gas tòxic que va ser utilitzat com a arma química durant la Primera Guerra Mundial. Actualment, s'utilitza en la síntesi industrial de poliuretans i pesticides.

Aquest compost es pot descompondre segons la reacció química següent:



- a) Calcula l'entalpia estàndard de reacció (ΔH°) a 298 K per a la descomposició del fosgen.
- b) Indica si la reacció anterior és endotèrmica o exotèrmica. Justifica la resposta.
- c) Es pot afirmar que la variació d'entropia (ΔS°) de la reacció química anterior és negativa? Justifica la resposta.
- d) A la fitxa de seguretat del compost COCl_2 apareix el pictograma següent. Indica'n el significat.



Dades: Entalpies estàndard de formació a 298 K:

- $\Delta H_f^\circ (\text{COCl}_2, \text{g}) = -219,1 \text{ kJ mol}^{-1}$
- $\Delta H_f^\circ (\text{CO}, \text{g}) = -110,5 \text{ kJ mol}^{-1}$



Taula Periòdica dels Elements

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Ia	Ila	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIII			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	O
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 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Cn (277)	113 Nh ()	114 Fl (285)	115 Mc (288)	116 Lv (289)	117 Ts ()	118 Og (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: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$