





QUÍMICA

2n Batxillerat

Exàmens Selectivitat 2010-2020

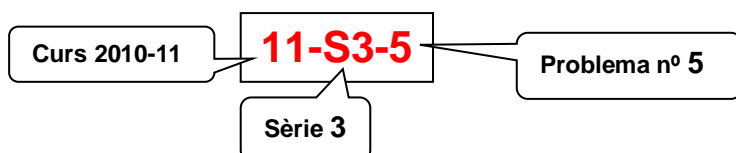
Exàmens de Química de les PAU. Catalunya

del curs 2009-10 al 2019-20

Ordenats segons temari

Estructura Atòmica i Enllaç.....	2
Espectroscòpia	6
Espectroscòpia - Termodinàmica	9
Diagrama de fases	10
Diagrama de Fases i Termodinàmica	12
Gasos Ideals - Reals, Difusió.....	13
Termodinàmica	13
Calor, Energia Interna, Entalpia	13
Energies Reticulars. Cicle de Born-Haber	20
Entropia, Energia Lliure, Espontaneïtat.....	21
Cinètica Química	25
Equilibri Químic	33
Equilibri Iònic	40
Preparació de solucions, Valoració Àcid-Base	40
Àcid-Base.....	43
Producte de Solubilitat	46
Oxidació - Reducció.....	52
Pila Redox, Espontaneïtat	52
Electròlisi	58

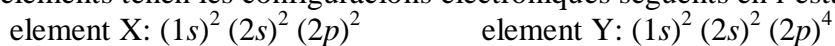
Per poder consultar els exàmens originals i/o les pautes de correcció, seguirem aquesta norma:



Tots els exàmens i les pautes de correcció oficials les podeu trobar a: <http://patufetgran.net84.net> (sense les w). Excepte el curs 2019-20 que s'ha de respondre només 4 exercicis a 2,5 punts cadascun, als altres cursos els exercicis 1, 2 i 3 són obligatoris i s'ha de triar un exercici entre el 4 i 5, i un altre entre el 6 i 7 i cada exercici consta de dos apartats valorats amb 1 punt cada apartat.

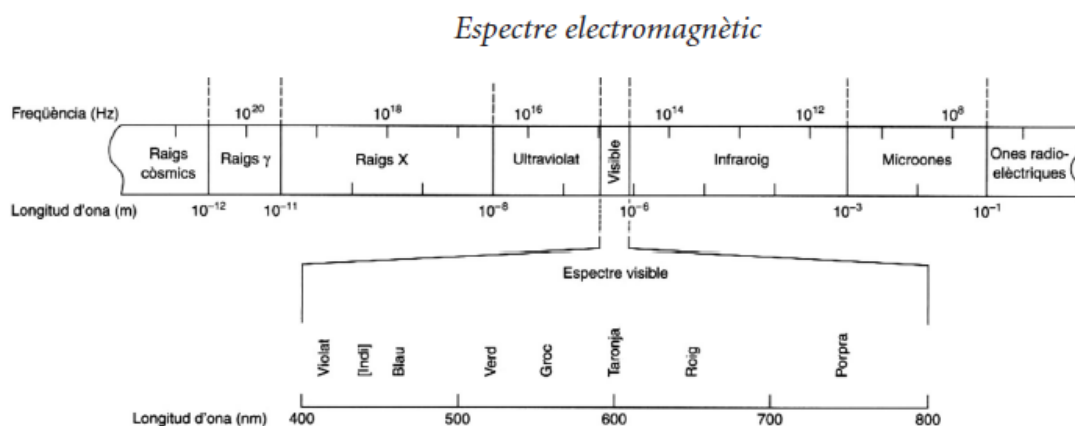
Estructura Atòmica i Enllaç

1.- 11-S2-4 Dos elements tenen les configuracions electròniques següents en l'estat fonamental:



La primera energia d'ionització d'un dels elements és 1310 kJ mol^{-1} , mentre que la de l'altre és 1090 kJ mol^{-1} .

- Quin dels dos elements té un radi atòmic més gran? Assigneu els valors de la primera energia d'ionització a cadascun dels elements, X i Y. Justifiqueu les respostes utilitzant el model atòmic de càrregues elèctriques.
- Indiqueu, a partir de la figura següent, quin tipus de radiació electromagnètica caldria utilitzar per a provocar la ionització de l'element que té la primera energia d'ionització de 1310 kJ mol^{-1} .



FONT: Daniel C. HARRIS. *Anàlisi química quantitativa*. Barcelona: Reverté, 2006, p. 409.

DADES: Constant de Planck, $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. Velocitat de la llum, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$. Constant d'Avogadro, $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

2.- 12-S1-6 Quan un element rep energia, els àtoms que el formen promouen un dels seus electrons a un orbital atòmic de més energia. Però si l'energia rebuda és l'adequada, es pot aconseguir que l'electró surti de l'atracció del nucli, de manera que l'àtom perdi un electró i es formi un ió positiu. Quan s'estudia el comportament del potassi s'observa que la primera energia d'ionització és 412 kJ mol^{-1} ; però quan els àtoms d'aquest element es troben en el primer estat electrònic excitat, l'energia per a ionitzar-los és només 126 kJ mol^{-1} .

- Què és un *orbital atòmic*, segons el model ondulatori de l'àtom? Escriviu la configuració electrònica fonamental de l'àtom de potassi (K) i del seu ió positiu (K^+).
- Calculeu la longitud d'ona que emet el potassi en la transició electrònica del primer estat electrònic excitat a l'estat fonamental.

DADES: Nombre atòmic (Z): $Z(K) = 19$; Velocitat de la llum: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$; Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

3.- 13-S1-2 La taula següent mostra les dades de dues propietats del sodi, el magnesi i el sofre:

	Na	Mg	S
Radi atòmic (nm)	0,156	0,136	0,104
Primera energia d'ionització (kJ mol^{-1})	492	743	1 003

A partir de la configuració electrònica dels àtoms, i utilitzant el model atòmic de càrregues elèctriques:

- Expliqueu raonadament la variació del radi atòmic i la variació de la primera energia d'ionització en aquests tres elements.

- b) Digueu quin valor cal preveure per a la segona energia d'ionització del magnesi en relació amb la seva primera energia d'ionització. El radi de l'ió sulfur (S^{2-}) serà més petit o més gran que el radi de l'àtom de sofre? Justifiqueu les respostes.

DADES: Nombres atòmics (Z): $Z(Na) = 11$; $Z(Mg) = 12$; $Z(S) = 16$

4.- 14-S4-7 La descomposició de l'ozó a l'estratosfera s'esdevé mitjançant una cadena de reaccions. La primera consisteix en el trencament d'una molècula d'oxigen en dos àtoms d'oxigen:



- a) Calculeu l'energia de la radiació electromagnètica capaç de produir aquesta reacció. Expliqueu raonadament si la radiació infraroja podria provocar el trencament de la molècula d'oxigen.

Espectre electromagnètic

Frequència (Hz)	3×10^{19}	3×10^{16}	4×10^{14}	3×10^{11}	3×10^8
Radiació	raigs γ	raigs X	radiació UV-vis.	radiació infraroja	microones
					ones de ràdio

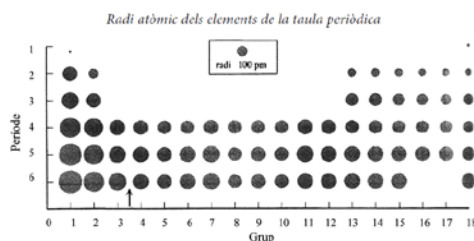
- b) Definiu el terme *orbital atòmic* segons el model ondulatori de l'àtom. Escriviu la configuració electrònica en estat fonamental de l'àtom d'oxigen i indiqueu els nombres quàntics de l'electró més intern d'aquest àtom.

DADES: Nombre atòmic (Z): $Z(O) = 8$; Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

5.- 15-S2-3 Observeu el gràfic següent:

A partir de les configuracions electròniques dels àtoms o ions, i utilitzant el model atòmic de càrregues elèctriques, responeu a les qüestions següents:

- a) Expliqueu la diferència de radi atòmic entre l'àtom de beril·li i el d'estronci. Justifiqueu quin d'aquests dos elements té la primera energia d'ionització més gran.
- b) El clorur de potassi és un compost iònic que conté els ions K^+ i Cl^- en la xarxa cristal·lina. Expliqueu raonadament si el radi del catió K^+ és més gran o més petit que el radi de l'àtom de K, i si el radi de l'anió Cl^- és més gran o més petit que el radi de l'àtom de Cl.



DADES: Nombres atòmics (Z): $Z(Be) = 4$; $Z(Cl) = 17$; $Z(K) = 19$; $Z(Sr) = 38$.

6.- 15-S4-3 Els propulsors iònics són un tipus de propulsors de naus espacials que utilitzen un feix d'ions positius accelerats a velocitats molt elevades. La propulsió iònica inicialment utilitzava cesi, però, per problemes d'erosió dels materials, actualment s'empren gasos nobles com el xenó.



- a) Quan fem incidir sobre àtoms de xenó una radiació electromagnètica amb una longitud d'ona màxima d' $1,020 \times 10^{-6} \text{ m}$, es provoca la formació del catió Xe^+ . Quina és la freqüència d'aquesta radiació electromagnètica? Quin valor té la primera energia d'ionització del xenó, expressat en kJ mol^{-1} ?
- b) Escriviu la configuració electrònica, en estat fonamental, dels àtoms de cesi i de xenó. A partir de les configuracions electròniques i del model atòmic de càrregues elèctriques, compareu el radi atòmic i la primera energia d'ionització del cesi i del xenó.

DADES: Nombres atòmics (Z): $Z(Xe) = 54$; $Z(Cs) = 55$; Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$; Velocitat de la llum en el buit: $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

7.- 16-S1-3 En la taula següent es relacionen diferents elements metàl·lics i s'especifica el color de la llum que emeten quan són excitats amb la flama d'un fogonet de gas:

Element	Li	Na	K	Cu
Color de la flama	vermell	groc	violat	verd

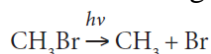
La figura següent mostra un esquema de l'espectre visible de la llum:



- Sabem que la llum emesa per un d'aquests elements correspon a una transició electrònica de $2,96 \times 10^{-19}$ J. De quin element es tracta? Justifiqueu la resposta.
- Escriviu les configuracions electròniques del Li, el Na i el K, i compareu-ne els radis atòmics. Justifiqueu la resposta.

DADES: Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s. $1 \text{ Å} = 10^{-10}$ m. Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,0 \times 10^8$ m s⁻¹. Nombres atòmics: $Z(\text{Li}) = 3$; $Z(\text{Na}) = 11$; $Z(\text{K}) = 19$.

8.- 17-S1-5 El bromometà (o bromur de metil) es va utilitzar com a plaguicida fins que es va començar a prohibir en molts països, a partir de l'any 2000, pel fet que genera radicals de brom (Br) que participen en el procés de reducció de la capa d'ozó a l'estratosfera. En aquesta capa de l'atmosfera pot tenir lloc la reacció de fotodissociació següent:



- Calculeu la freqüència i la longitud d'ona de la radiació electromagnètica capaç de trencar l'enllaç C—Br en una molècula de bromometà.
- Definiu el terme orbital atòmic segons el model ondulatori de l'àtom. Escriviu la configuració electrònica de l'àtom de brom i indiqueu els nombres quàntics de l'electró més extern d'aquest àtom.

Dades: Energia de l'enllaç C—Br: 276 kJ mol^{-1} . $N_A = 6,02 \times 10^{23}$. $c = 3,00 \times 10^8$ m s⁻¹.
Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s. Nombre atòmic: $Z(\text{Br}) = 35$.

9.- 17-S5-7 Les energies d'ionització ens ajuden a entendre algunes diferències qualitatives entre estructures electròniques de diferents àtoms. La taula següent mostra els valors de la primera energia d'ionització del liti, el beril·li i el bor.

Element	Primera energia d'ionització (kJ mol^{-1})
Li	520,3
Be	899,5
B	800,6

- Expliqueu justificadament la diferència que hi ha entre els valors de la primera energia d'ionització dels tres àtoms.
- Calculeu la freqüència mínima i la longitud d'ona màxima de la radiació que pot ionitzar els àtoms de liti gasós en estat fonamental.

Dades: Nombres atòmics: $Z(\text{Li}) = 3$; $Z(\text{Be}) = 4$; $Z(\text{B}) = 5$. Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s. Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,023 \times 10^{23}$. Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,0 \times 10^8$ m s⁻¹.

10.- 18-S1-2 Les làmpades de descàrrega contenen un gas, com ara Na(g), que s'excita mitjançant l'energia subministrada per una descàrrega elèctrica. Posteriorment, quan el gas torna al seu estat fonamental, es produeix l'emissió de llum.

Els fanals de vapor de sodi, utilitzats habitualment per a la il·luminació pública perquè són molt eficients, són un tipus de làmpades de descàrrega que emeten una llum groga brillant amb una longitud d'ona de 589 nm.

- Calculeu la freqüència i l'energia d'aquesta radiació electromagnètica.
- Els fanals de vapor de sodi tenen una vida limitada, ja que, en determinats moments, la descàrrega elèctrica subministrada al fanal pot produir una energia molt alta i superior a la

primera energia d'ionització del sodi. Definiu el terme primera energia d'ionització d'un element i escriviu la configuració electrònica del sodi abans i després d'aquesta descàrrega d'alta energia. Expliqueu raonadament, a partir del model atòmic de càrregues elèctriques, si la segona energia d'ionització del sodi serà més gran o més petita que la primera energia d'ionització.

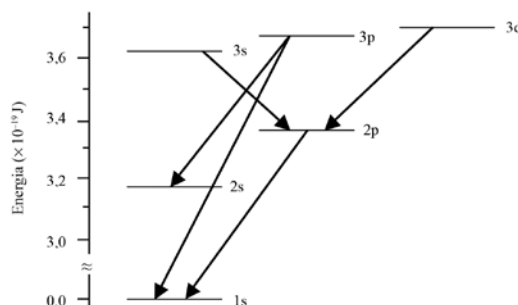
Dades: Nombre atòmic (Z): $Z(\text{Na}) = 11$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

11.- 18-S3-5 La primera vegada que es va identificar l'heli va ser quan es va poder observar una línia groga lluent en l'espectre d'emissió d'un eclipsi solar. Posteriorment, es va aïllar heli a la Terra tractant un mineral, la cleveïta, i es va identificar l'emissió d'una línia groga amb una energia de $3,37 \times 10^{-19} \text{ J}$, que es corresponia amb la línia observada en l'espectre solar.

a) Calculeu la freqüència i la longitud d'ona d'un fotó de la línia d'emissió identificada per a l'heli.

b) La figura següent representa el diagrama d'energies dels orbitals atòmics de l'heli; les fletxes indiquen unes quantes transicions electròniques d'emissió permeses segons l'espectroscòpia.

Identifiqueu la transició electrònica corresponent a la línia groga d'emissió de l'heli i indiqueu a quin salt electrònic correspon. Definiu el terme orbital atòmic segons el model ondulatori de l'àtom i escriviu la configuració electrònica de l'heli abans i després del salt electrònic.



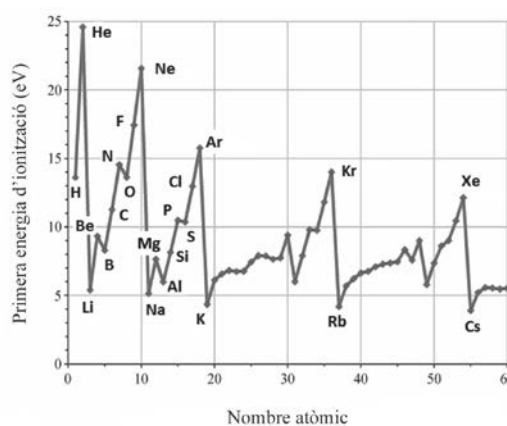
Dades: Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. (Z): $Z(\text{He}) = 2$.

12.- 18-S5-7 El gràfic següent mostra la variació de la primera energia d'ionització dels seixanta primers elements de la taula periòdica en funció del seu nombre atòmic:

a) Definiu el terme energia d'ionització. A partir del model atòmic de càrregues elèctriques, raoneu per què, com s'observa en el gràfic, en passar d'un gas noble a l'element alcalí següent hi ha un descens brusc de l'energia d'ionització.

b) Escriviu la configuració electrònica dels elements del segon període, des del carboni fins al fluor.

Com es pot explicar que l'energia d'ionització tingui tendència a augmentar a mesura que avancem en aquest període? Per què en passar del nitrogen a l'oxigen hi ha una disminució de l'energia d'ionització? Raoneu les respostes a partir del model atòmic de càrregues elèctriques.



Dades: Nombres atòmics (Z): $Z(\text{C}) = 6$; $Z(\text{N}) = 7$; $Z(\text{O}) = 8$; $Z(\text{F}) = 9$.

13.- 19-S5-4 En la retina, els peixos d'aigua dolça hi tenen el pigment porfiropsina, mentre que els peixos d'aigües marines profundes hi tenen el pigment crisopsina. El pigment porfiropsina absorbeix una radiació electromagnètica de 523 nm i, en canvi, el pigment crisopsina absorbeix una radiació electromagnètica de 485 nm.

a) Quin fotó té més energia: el que és absorbit pel pigment porfiropsina o el que és absorbit pel pigment crisopsina? Quin color veuen més bé els peixos d'aigües marines profundes? Justifiqueu les respostes.

- b) Què li succeeix a una molècula quan absorbeix radiació visible? I quan absorbeix radiació infraroja?

Dades: Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Colors de les radiacions electromagnètiques en la regió de l'espectre visible:

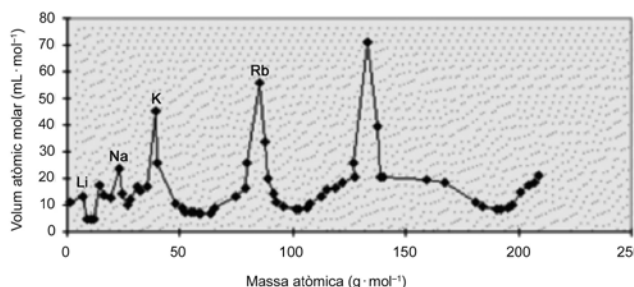
Color de les radiacions	Interval de freqüència de les radiacions (Hz)
violat	de $7,90 \times 10^{14}$ a $7,00 \times 10^{14}$
blau	de $7,00 \times 10^{14}$ a $6,00 \times 10^{14}$
cian	de $6,00 \times 10^{14}$ a $5,80 \times 10^{14}$
verd	de $5,80 \times 10^{14}$ a $5,30 \times 10^{14}$
groc	de $5,30 \times 10^{14}$ a $5,10 \times 10^{14}$
taronja	de $5,10 \times 10^{14}$ a $4,80 \times 10^{14}$
vermell	de $4,80 \times 10^{14}$ a $4,05 \times 10^{14}$

14.- 20-S1-2 La taula periòdica és una ordenació dels elements químics de nombre atòmic creixent, de manera que s'aconsegueixen agrupacions d'elements amb propietats atòmiques, físiques i químiques semblants, i variacions contínues d'aquestes propietats.

- Determineu la configuració electrònica dels elements fluor, neó i sodi. Definiu les propietats periòdiques: energia d'ionització i afinitat electrònica. Justifiqueu el signe i l'ordre de magnitud de l'energia d'ionització per als tres elements. Justifiqueu l'ordre de magnitud de l'afinitat electrònica per als tres elements. [1,25 punts]
- Justifiqueu quin és l'ió més estable que es formarà de cadascun dels tres elements anteriors. Justifiqueu quin dels ions formats té un radi més petit. [1,25 punts]

Dades: fluor, $Z = 9$; neó, $Z = 10$; sodi, $Z = 11$.

15.- 20-S4-1 L'Assemblea General de les Nacions Unides (ONU) va declarar el 2019 Any Internacional de la Taula Periòdica dels Elements Químics, amb el propòsit de celebrar la gènesi i el desenvolupament de la taula periòdica des del descobriment del sistema periòdic de Dmitri Mendelèiev, ara fa cent cinquanta anys. La taula periòdica és molt útil, ja que permet comparar les propietats dels elements a partir de la posició que ocupen en la taula. La figura següent ens mostra la variació del volum atòmic dels elements en funció de la massa atòmica de cadascun:



A partir de les configuracions electròniques i del model atòmic de càrregues elèctriques:

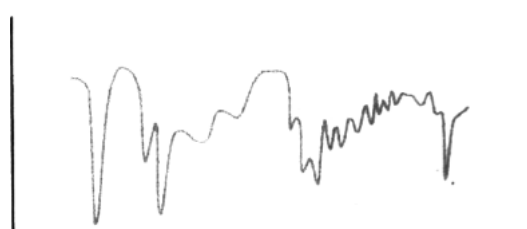
- Justifiqueu la variació del volum atòmic dels metalls alcalins. [1,25 punts]
- Digueu si el potassi i el magnesi, que es troben tot just al voltant del sodi a la taula periòdica, tenen valors d'energia d'ionització inferiors o superiors al del sodi i justifiqueu les respostes. [1,25 punts]

Dades: Nombres atòmics (Z): $Z(\text{Li}) = 3$; $Z(\text{Na}) = 11$; $Z(\text{Mg}) = 12$; $Z(\text{K}) = 19$; $Z(\text{Rb}) = 37$.

Espectroscòpia

1.- 11-S1-7 Per a determinar l'estructura de les molècules, la química utilitza diferents tècniques, com ara l'espectroscòpia infraroja, la ressonància magnètica nuclear o l'espectrometria de masses. En la figura següent, es mostra l'espectre infraroig (IR) d'una molècula:

Espectre infraroig d'una molècula



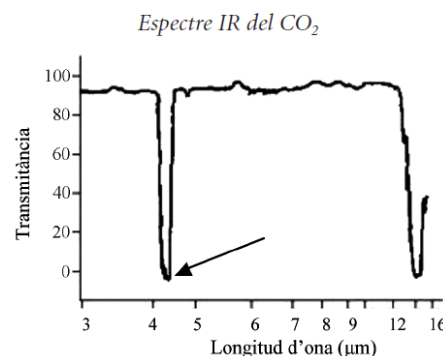
- Indiqueu quina magnitud es representa en cadascun dels eixos d'un espectre infraroig. Expliqueu breument el procés que experimenta un compost químic quan és irradiat amb radiació infraroja.
- Considereu les substàncies químiques següents:



Indiqueu quin o quins compostos no produeix cap pic en un espectre infraroig i quin en produeix més. Justifiqueu les respostes.

2.- 12-S3-4 El diòxid de carboni, CO_2 , és un dels gasos d'efecte d'hivernacle més coneguts, ja que absorbeix part de la radiació infraroja emesa per la superfície de la Terra. L'espectre infraroig (IR) del diòxid de carboni mostra que aquest gas absorbeix intensament la radiació electromagnètica de $4,237 \mu\text{m}$ de longitud d'ona.

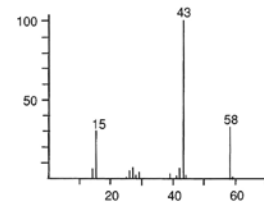
- Calculeu la freqüència i l'energia d'aquesta radiació absorbida pel diòxid de carboni.
- Expliqueu breument què produeix la radiació electromagnètica infraroja en una molècula de diòxid de carboni. Per què les molècules d'aquest gas absorbeixen només certes longituds d'ona de radiació infraroja?



DADES: Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$; Velocitat de la llum: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

3.- 13-S4-6 La producció de la propanona, CH_3COCH_3 , anomenada habitualment *acetona*, és un indicador de creixement econòmic pel gran ús que se'n fa en la indústria de plàstics, fibres i medicaments, entre altres productes. Per a comprovar la puresa de l'acetona produïda es poden emprar tècniques com l'espectrometria de masses o l'espectrofotometria d'infraroig. En la figura es mostra l'espectre de masses de l'acetona:

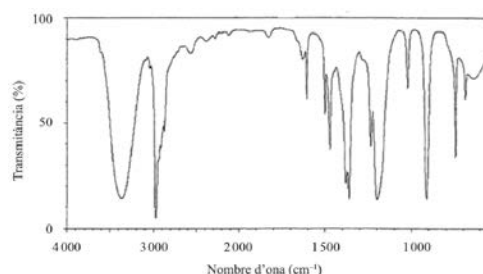
- Indiqueu quina magnitud es representa en l'eix d'abscisses de l'espectre de masses. Interpreteu la informació de l'espectre indicant a què poden ser deguts els pics que s'obtenen en els valors 15, 43 i 58.
- Quines magnituds es representen en els dos eixos d'un espectre infraroig? Quina informació útil ens proporcionaria l'espectre infraroig d'una mostra d'acetona per comprovar si està o no impurificada amb 2-propanol?



DADES: Masses atòmiques relatives: $\text{H} = 1,0$; $\text{C} = 12,0$; $\text{O} = 16,0$

4.- 14-S5-7 Una indústria química ha utilitzat l'espectroscòpia d'infraroig (IR) per a identificar un compost pur. Experimentalment s'ha obtingut l'espectre següent:

- Què li passa a una molècula quan absorbeix radiació infraroja? Justifiqueu si el compost pur és el 2-propanol o l'àcid propanoic.
- La zona de 700 a 1200 cm^{-1} d'un espectre IR s'anomena *empremta dactilar* i és característica de cada compost. En l'espectre obtingut observem un pic intens a 900 cm^{-1} en aquesta zona. Calculeu la longitud d'ona, la freqüència i l'energia d'aquest pic.

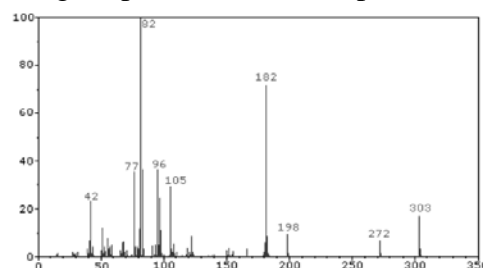


DADES: Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
; Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ Absorció de diferents tipus d'enllaç en la regió de l'infraroig:

Enllaç	Tipus de compost	Interval de nombre d'ona (cm^{-1})
C—H	alcans (C—C—H)	2 850-2 970 1 340-1 470
	alquens (C=C—H)	3 010-3 095 675-995
O—H	alcohols	3 200-3 600
	àcids carboxílics	2 500-2 700
C—O	alcohols, èters, àcids carboxílics, èsters	1 050-1 300
C=O	aldehids, cetones, àcids carboxílics, èsters	1 690-1 760

5.- 16-S3-4 El consum de substàncies estupefaents comporta un greu problema de salut pública.

Aquestes substàncies romanen acumulades en diferents parts del cos durant un cert temps, que varia des de dies fins a mesos. Per exemple, podem detectar la cocaïna ($\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$) i l'amfetamina ($\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}$) al cabell d'una persona fins al cap de noranta dies d'haver-ne consumit mitjançant la tècnica d'espectrometria de masses. En la figura següent es pot veure l'espectre de masses obtingut a partir del cabell d'una persona de la qual sospitem que ha pres una d'aquestes drogues.

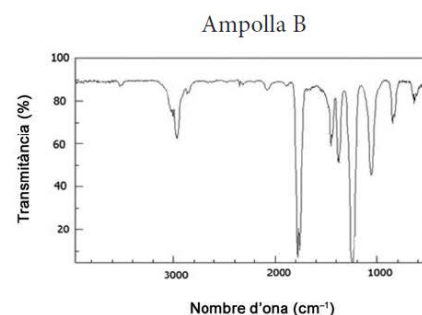
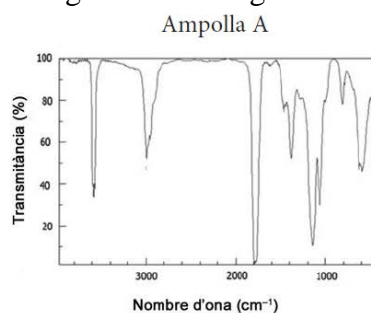


- Quina magnitud s'ha representat en l'eix horitzontal del gràfic? A partir de les dades experimentals, dedueix si la persona ha pres cocaïna o amfetamina.
- A 250°C de temperatura i a 1 atm de pressió, la cocaïna es troba en estat gasós. Calculeu el volum molar de la cocaïna en aquestes condicions de temperatura i pressió, suposant que es tracta d'un gas ideal. Quines diferències hi ha entre un gas real i un gas ideal?

DADES: Masses atòmiques relatives: C = 12; H = 1; N = 14; O = 16. Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

6.- 17-S2-5 Tenim dues ampolles, A i B, que contenen un líquid pur i transparent que pot correspondre a les substàncies orgàniques següents: etanoat d'etil ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) o àcid propanoic. Hem sotmès les mostres a l'espectroscòpia infraroja per a determinar quina substància hi ha a cada ampolla. Els espectres obtinguts són els següents:

- Expliqueu què li succeeix a una molècula quan absorbeix radiació infraroja. Quina informació proporciona l'espectroscòpia infraroja? Identifiqueu la substància orgànica que conté cada ampolla i justifiqueu la resposta.

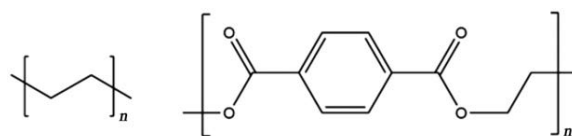


- Una altra tècnica que s'utilitza per a identificar l'estructura química d'una molècula és l'espectrometria de masses. Expliqueu què li succeeix a una molècula quan la sotmetem a una espectrometria de masses. Què detectem en un espectre de masses? Quina informació proporciona?

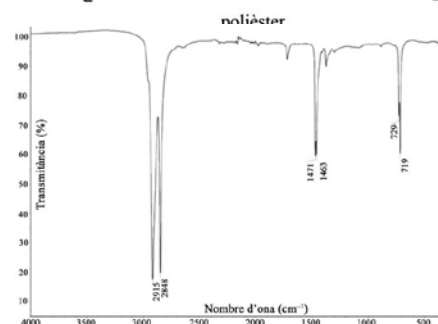
Dades: Absorcions en l'infraroig (IR) de diferents grups funcionals:

Enllaç	Interval de nombres d'ona (cm^{-1})
C—O	1 000-1 300
C=O	1 650-1 750
C—H	2 850-3 000
O—H	3 230-3 550

7.- 20-S3-2 La policia ha trobat una màrfega d'acampada que podria resoldre una investigació. Per això cal identificar el seu tipus de polímer entre el polietilè i el polièster. Disposem d'un espectrofotòmetre d'infraroig per a esbrinar-ne la identificació. Les estructures dels dos polímers són:



- Descriu els fonaments de la tècnica espectroscòpica d'infraroig. Justifiqueu quin és el polímer d'acord amb el seu espectre d'infraroig: [1,25 punts]
- Identifiqueu el pic de més energia de l'espectre anterior. Calculeu-ne la freqüència, la longitud d'ona i l'energia corresponents. [1,25 punts]



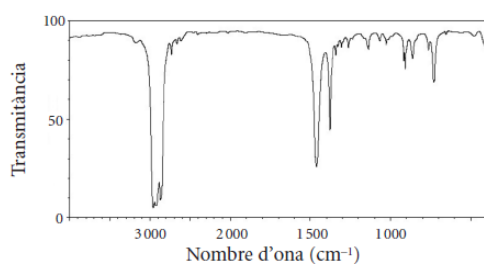
Dades: Velocitat de la llum: $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

<i>Dades espectroscòpiques a la regió de l'infraroig</i>		
<i>Enllaç</i>	<i>Tipus de compost</i>	<i>Interval de nombre d'ona (cm⁻¹)</i>
C—H	alcans (C—C—H)	2 970-2 850
	alquens (C=C—H)	3 095-3 010
C—O	alcohols, èters, àcids carboxílics, èsters	1 300-1 050
C=O	aldehids, cetones, àcids carboxílics, èsters	1 760-1 690

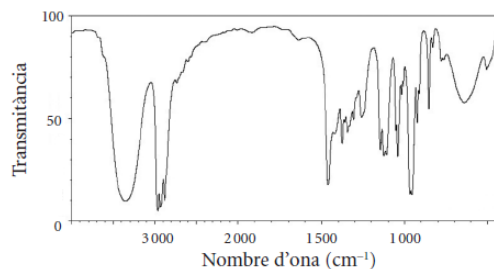
Espectroscòpia - Termodinàmica

1.- 12-S4-7 Tenim dues ampolles, A i B, que contenen un líquid pur i transparent que pot correspondre a les substàncies orgàniques següents: 3-pentanona ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$), 3-pentanol ($\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) o pentà (C_5H_{12}). En no saber quina substància hi ha en cadascuna de les ampolles, hem sotmès les mostres a una espectroscòpia infraroja. Els espectres obtinguts per a cada ampolla són els següents:

Ampolla A



Ampolla B

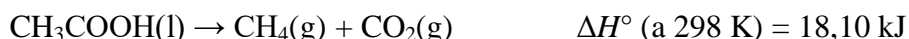


- Identifiqueu quina substància orgànica conté cada ampolla. Expliqueu raonadament la resposta.
- Calculeu la temperatura d'ebullició del pentà si, en condicions estàndard i a 298 K, té una entalpia de vaporització de $26,7 \text{ kJ mol}^{-1}$ i té una entropia de vaporització de $84,4 \text{ J K mol}^{-1}$. Supposeu que les variacions d'entalpia (ΔH°) i entropia (ΔS°) no es modifiquen amb la temperatura.

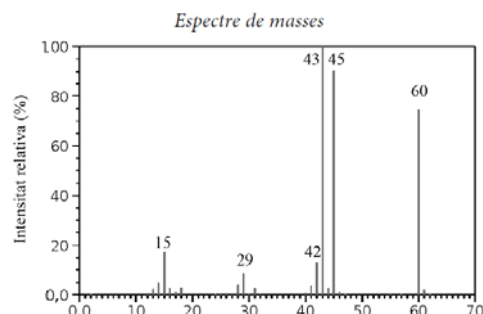
DADES: Absorcions de diversos grups funcionals a l'infraroig (IR)

<i>Enllaç</i>	<i>Nombre d'ona (cm⁻¹)</i>
C—O	1 000 - 1 300
C=O	1 650 - 1 760
C—H	2 850 - 3 000
O—H	3 230 - 3 550

2.- 16-S5-5 El biogàs és una mescla de metà i diòxid de carboni que podem obtenir a partir de les reaccions metabòliques dels bacteris metanògens. Aquests bacteris duen a terme diverses reaccions per a descompondre la matèria orgànica, l'última de les quals és la transformació següent de l'àcid acètic:



- a) Una granja es planteja instal·lar una planta d'obtenció de biogàs a partir d'àcid acètic i dubta de l'espontaneïtat d'aquest procés. A partir dels càlculs necessaris, indiqueu si aquesta reacció d'obtenció de biogàs és espontània en condicions estàndard i a 298 K.
- b) Per controlar el procés d'obtenció del biogàs hem enregistrat l'espectre de masses d'un dels tres compostos que intervenen en la reacció. Quina magnitud es representa en l'eix de les abscisses d'un espectre de masses? Identifiqueu el compost i indiqueu a què poden ser deguts els tres pics de més intensitat que apareixen en l'espectre.

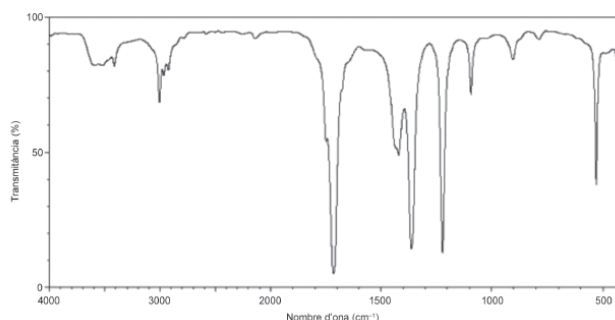


DADES: Entropies estàndard, a 298 K: $S^\circ(\text{CH}_3\text{COOH, l}) = 159,8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $S^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) = 213,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $S^\circ(\text{CH}_4, \text{g}) = 187,9 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Masses atòmiques relatives: H = 1; C = 12; O = 16.

3.- 19-S1-7 L'acetona, també coneguda com a *propanona*, és una substància de baix punt d'ebullició (56 °C) i miscible en aigua. Es pot obtenir industrialment mitjançant la reacció de deshidrogenació del propan-2-ol, també anomenat *2-propanol*, segons la reacció química següent en fase gasosa:



- a) (**En realitat del tema d'equilibri químic**) Per a fabricar la màxima quantitat d'acetona, convé treballar a temperatures altes o baixes? A pressions altes o baixes? Justifiqueu les respostes.
- b) Al laboratori, a una temperatura de 25 °C, tenim una mostra líquida que volem etiquetar, però no sabem si es tracta de l'acetona o del propan-2-ol. Mitjançant un espectrofotòmetre d'infraroig obtenim el gràfic següent per a la mostra líquida:



Expliqueu en què es basa

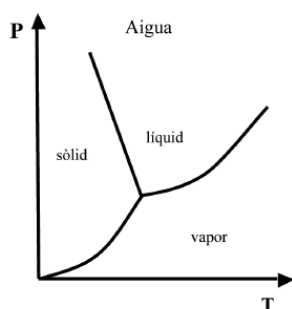
l'espectroscòpia infraroja i què representen els pics que s'obtenen

amb aquesta tècnica. A partir del gràfic anterior i de les dades de la taula següent, indiqueu a quina substància correspon la mostra líquida i justifiqueu la resposta.

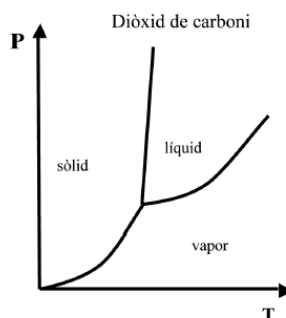
Dades espectroscòpiques a la regió de l'infraroig		
Enllaç	Tipus de compost	Interval de nombre d'ona (cm ⁻¹)
C—H	alcans (C—C—H)	2 850-2 970; 1 340-1 470
	alquens (C=C—H)	3 010-3 095; 675-995
O—H	alcohols	3 200-3 600
	àcids carboxílics	2 500-2 700
C—O	alcohols, èters, àcids carboxílics, èsters	1 050-1 300
C=O	aldehids, cetones, àcids carboxílics, èsters	1 690-1 760

Diagrama de fases

1.- 12-S1-7 Els diagrames de fases són representacions gràfiques de les condicions de pressió i temperatura que fan que una substància estigui en estat sòlid, líquid o vapor. Els perfils d'aquests diagrames per a l'aigua i per al diòxid de carboni són els següents:



Punt triple: $T = 273 \text{ K}$ i $p = 0,611 \text{ kPa}$



Punt triple: $T = 216 \text{ K}$ i $p = 517,6 \text{ kPa}$

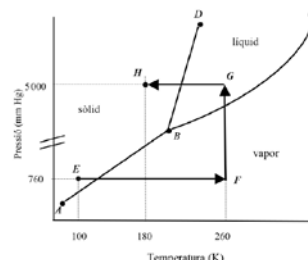
- Què representen les línies que apareixen en un diagrama de fases? Expliqueu raonadament com varia la temperatura de fusió de les dues substàncies en augmentar la pressió.
- Justifiqueu el fet que, a pressió atmosfèrica (101,3 kPa), l'aigua pot passar de sòlid a líquid i de líquid a vapor, modificant la temperatura, mentre que amb el diòxid de carboni no passa el mateix.

2.- 12-S3-5 Desenvolupem una substància nova al laboratori i comprovem, experimentalment, que té un punt de fusió a $83,7^\circ \text{C}$ i un punt d'ebullició a 177°C , a la pressió d'1 atm. Mitjançant experiments nous, trobem que té el punt triple a 0,25 atm i a $38,6^\circ \text{C}$, i que se sublima a 0,10 atm i a 5°C .

- Dibuixeu el diagrama de fases aproximat d'aquesta substància i indiqueu-hi els punts dels quals es coneixen dades experimentals.
- Expliqueu què s'entén per *punt triple* i per *punt crític* d'una substància.

3.- 15-S5-3 La figura següent representa el diagrama de fases del CO_2 :

- Com s'anomenen els punts B i C? Expliqueu què representen les línies AB, BC, BD i el punt B.
- Transformem el diòxid de carboni des del punt E fins al punt H, seguint les línies EF-FG-GH. Descriviu els tres processos i anomenau tots els canvis de fase que s'hi produeixen.



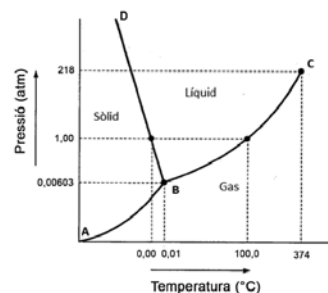
4.- 15-S5-7 L'ús tan estès de combustibles en la nostra societat a causa dels transports provoca l'abocament de gasos a l'atmosfera. Així, en la combustió de la gasolina en els motors dels automòbils es produeix l'emissió de diversos gasos, com ara el monòxid de carboni, el diòxid de carboni i l'aigua.

- Aquests gasos, en sortir del tub d'escapament, es difonen a través de l'aire. Ordeneu els tres gasos esmentats en ordre creixent de la seva velocitat de difusió. Justifiqueu la resposta.
- Hem comprovat experimentalment que 1 000 g de diòxid de carboni ocupen 505,9 L a 1,0 bar i a 273 K. Quin volum ocuparia aquesta massa de diòxid de carboni, en les mateixes condicions de pressió i de temperatura, si es comportés com un gas ideal? Justifiqueu la diferència de volums a partir del model cineticomolecular dels gasos. Indiqueu en quines condicions de pressió i de temperatura el comportament dels gasos reals és molt semblant al dels gasos ideals.

DADES: Masses atòmiques relatives: $\text{H} = 1,0$; $\text{C} = 12,0$; $\text{O} = 16,0$. Constant universal dels gasos ideals: $R = 8,3 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

5.- 16-S3-2 La figura següent representa el diagrama de fases de l'aigua.

- Doneu el nom i la definició dels punts B i C, i de les línies AB, BC i BD.
- Quin és l'estat físic de l'aigua a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1 atm? Partint d'aquestes condicions de temperatura i pressió, escalfem l'aigua a pressió constant fins a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Expliqueu què li passa a mesura que augmenta la temperatura. Anomeneu tots els canvis de fase que hi tenen lloc. Dibuixeu, en el quadern de respostes, el diagrama de fases i indiqueu-hi els estats inicial i final, i la línia d'escalfament.



6.- 19-S4-5 L'oxigen (O_2) és un gas que s'utilitza en diferents activitats industrials i sanitàries, i emmagatzemar-lo i transportar-lo requereix unes mesures de seguretat importants. En la taula següent es mostren unes quantes dades de l'oxigen:

Punt de fusió	Punt d'ebullició	Punt triple	Punt crític
55 K	90 K	54 K	154 K
1 atm	1 atm	$1,5 \times 10^{-3}$ atm	49,8 atm

- Definiu el terme punt triple d'una substància. Feu un dibuix aproximat del diagrama de fases de l'oxigen, i marqueu-hi els quatre punts que figuren a la taula.
- La fitxa de seguretat de l'oxigen conté els símbols següents: Què volen dir aquests símbols i de quins perills ens adverteixen?

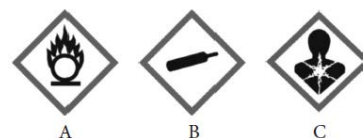


Diagrama de Fases i Termodinàmica

1.- 15-S2-7 El brom, Br_2 , és una substància vermella i líquida a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1,0 atm. A partir del diagrama de fases del brom podem extreure les dades següents:

Punt de fusió	Punt triple	Punt crític
$-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$	$315,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
1,0 atm	0,058 atm	102 atm

- Quina informació ens donen el punt de fusió i el punt triple del brom? Expliqueu raonadament què observarem si en un recipient tancat que conté brom, a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 1,0 atm, anem disminuint la pressió mentre mantenim la temperatura.
- Podem representar el procés de transformació del brom líquid en brom gasós mitjançant l'equació química següent:



Determineu, expressada en $^{\circ}\text{C}$, la temperatura d'ebullició del brom a 1,0 atm, suposant que les variacions d'entalpia i d'entropia estàndard d'aquest compost no canvien amb la temperatura.

DADA: Entropia estàndard absoluta, a 298 K: $S^{\circ}(\text{Br}_2, \text{líquid}) = 152,2\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$; $S^{\circ}(\text{Br}_2, \text{gasós}) = 245,4\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$.

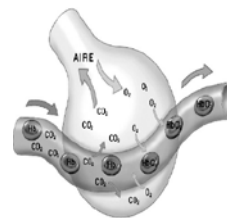
2.- 19-S1-5 El benzè, C_6H_6 , és un hidrocarbur que s'utilitza industrialment com a intermediari per a fabricar altres substàncies químiques. S'ha comprovat experimentalment que el seu punt de fusió és de $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 1,0 atm, el seu punt triple és de $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 0,048 atm i el seu punt crític és de $289\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 48,35 atm.

- Dibuixeu el diagrama de fases aproximat del benzè i indiqueu-hi els punts dels quals tenim dades experimentals.
- Justifiqueu si el procés de vaporització del benzè en condicions estàndard i a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ és espontani. Supposeu que les variacions d'entalpia i entropia estàndard del procés de vaporització del benzè es mantenen constants en l'interval de temperatura entre $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dades: Entropies estàndard absolutes a 25 °C: $S^\circ(\text{C}_6\text{H}_6, \text{l}) = 173,26 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{C}_6\text{H}_6, \text{g}) = 269,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Entalpia estàndard de vaporització del benzè a 25 °C: $\Delta H^\circ = 33,74 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Gasos Ideals - Reals, Difusió

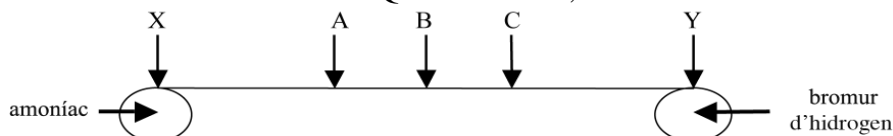
1.- 13-S3-4 En la diagnosi de malalties respiratòries s'utilitza com a prova la difusió pulmonar de monòxid de carboni (DL_{CO}), que permet avaluar el procés de transferència d'oxigen des dels pulmons (alvèols) fins a la unió amb l'hemoglobina continguda en els glòbuls vermells de la sang.



- En què consisteix la *difusió gasosa*? Quina relació hi ha entre la velocitat de difusió de l'oxigen i la del monòxid de carboni?
- El volum molar del CO és $22,40 \text{ L mol}^{-1}$ i el del CO_2 és $22,26 \text{ L mol}^{-1}$, a 0 °C i 1,0 atm. Determineu el volum molar d'un gas ideal en aquestes condicions i justifiqueu el possible desviament del comportament ideal dels dos gasos a partir de la teoria cineticomolecular dels gasos.

DADES: Constant dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; Masses: C = 12,0; O = 16,0

2.- 13-S4-5 Els gasos amoníac i bromur d'hidrogen es difonen en un tub estret, en sentits oposats, i surten dels punts X i Y en el mateix instant. Quan es troben, formen bromur d'amoni, NH_4Br .



- Expliqueu raonadament si el bromur d'amoni es formarà en el punt A, B o C de la figura.
- L'amoníac gasós té una densitat de $769,6 \text{ g m}^{-3}$ a 1,0 bar i a 273 K. Calculeu-ne la densitat en aquestes condicions de pressió i temperatura si es comportés com un gas ideal, i justifiqueu-ne la diferència a partir del model cineticomolecular dels gasos.

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; N = 14,0; Br = 79,9

Constant dels gasos ideals: $R = 8,31 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Termodinàmica

Calor, Energia Interna, Entalpia

1.- 11-S1-4 Un dels gasos més presents en la nostra vida és el metà, component principal del gas natural, que és un bon combustible. A partir de les dades de la taula següent, responeu a les qüestions.

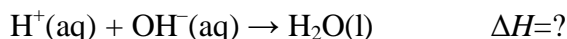
Entalpies de combustió en condicions estàndard i a 298 K

Reacció de combustió	Entalpia de combustió (kJ mol^{-1})
$\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	- 890,3
$\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	- 393,5
$\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	- 285,8

- Imaginu que us voleu dutxar amb l'aigua a una temperatura de 45 °C. Tenint en compte que l'aigua entra a l'escalfador a 10 °C i que en gastareu 30 L, digueu quina massa de metà cal cremar, a pressió constant, per a escalfar-la.
- Escriviu la reacció corresponent a l'entalpia estàndard de formació del metà, i calculeu-ne el valor a 298 K.

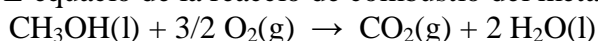
DADES: Densitat de l'aigua (entre 10 °C i 45 °C) = 1 kg L^{-1} . Capacitat calorífica específica de l'aigua (entre 10°C i 45°C) = $4,18 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Massa molecular relativa del metà = 16,0.

2.- 11-S2-5 Volem determinar l'entalpia de reacció d'una solució aquosa de HCl 2,00 M amb una solució aquosa de KOH 2,00 M:



- Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori, i indiqueu el material que utilitzaríeu i les mesures experimentals que caldria determinar per a poder calcular l'entalpia de reacció.
- Calculeu la calor despesa quan es barregen 100 mL de HCl 2,00 M amb 250 mL de KOH 2,00 M, si experimentalment hem determinat que l'entalpia de la reacció anterior és $-56,1 \text{ kJ mol}^{-1}$.

3.- 11-S4-4 L'alcohol metílic o metanol, CH_3OH , es fa servir com a combustible en les *fondues* de formatge, xocolata o carn. L'equació de la reacció de combustió del metanol és la següent:



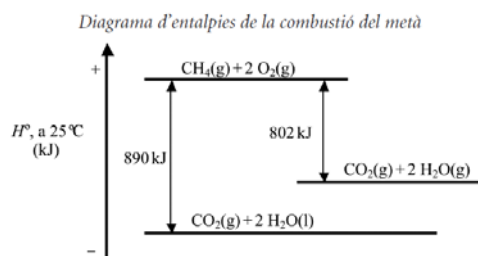
- A partir de les dades d'aquesta taula, calculeu l'entalpia estàndard de combustió del metanol a 298 K.

Enllaç	Entalpia d'enllaç en condicions estàndard i a 298K (kJ mol^{-1})
C-H	414
O-H	528
C=O	715
O=O	498
C-O	352

- A partir de les entalpies estàndard de formació, s'ha calculat l'entalpia estàndard de combustió del metanol a 298 K, i el resultat obtingut és -726 kJ mol^{-1} . Calculeu la calor que s'allibera, a pressió constant, en cremar 96 g de metanol amb 320 g d'oxigen, en condicions estàndard i a 298 K.

DADES: Masses atòmiques relatives: H=1,0; C=12,0; O=16,0.

4.- 12-S1-5 El gas natural és un dels combustibles fòssils més utilitzats a les llars per a la calefacció i per a cuinar. La composició d'aquest combustible varia lleugerament depenent de quin n'és l'origen; el que consumim al nostre país prové d'Algèria i conté més del 90 % en volum de metà. Observeu el diagrama i contesteu les qüestions següents:



- Escriviu l'equació del procés de vaporització de l'aigua i calculeu-ne l'entalpia estàndard, expressada en kJ mol^{-1} .
- Per a muntar un petit negoci de restauració, calen diàriament $7,5 \times 10^4 \text{ kJ}$ d'energia en forma de calor. Quin volum d'aire, mesurat a 1,0 bar i 25°C , es necessita cada dia en la combustió del metà per a obtenir aquesta quantitat d'energia? Supposeu que la combustió es produeix a pressió constant (condicions estàndard) i s'obté aigua en estat líquid.

DADES: Constant dels gasos ideals: $R = 8,31 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Composició de l'aire (% en volum): 78,08 % N_2 ; 20,95% O_2 ; 0,93% Ar; 0,04 % altres

5.- 12-S3-7 El combustible més utilitzat al nostre país pels automòbils és la gasolina, que està constituïda fonamentalment per octà, C_8H_{18} . Actualment es treballa molt en una línia de combustibles —denominats *biocombustibles*— que s'obtenen de la matèria orgànica originada en un procés biològic. El bioetanol és un tipus de biocombustible que fonamentalment conté etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, i que s'obté de la fermentació dels carbohidrats presents en la canya de sucre o el blat de moro.

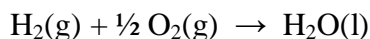
- a) Escriviu l'equació de la reacció de combustió de l'etanol. Calculeu l'entalpia estàndard de formació de l'etanol a 298 K.
- b) Si la gasolina es ven a 1,30 €/L, quin haurà de ser el preu de l'etanol, expressat en €/L, per a obtenir la mateixa quantitat d'energia per euro?

DADES:

Substància	Entalpia estàndard de formació, ΔH_f° , a 298 K (kJ mol ⁻¹)	Entalpia estàndard de combustió, ΔH°_{comb} , a 298 K (kJ mol ⁻¹)
CO ₂ (g)	-393,5	
H ₂ O(l)	-285,8	
C ₈ H ₁₈ (l)		-5445,3
CH ₃ CH ₂ OH(l)		-1369,0

Densitat a 298 K: octà = 0,70 g mL⁻¹; etanol = 0,79 g mL⁻¹ Massa molecular relativa: octà = 114; etanol = 46

6.- 12-S4-2 L'hidrogen és un gas lleuger que s'usa com a combustible per a naus espacials i també, experimentalment, per a autobusos de transport urbà. Reacciona fàcilment amb l'oxigen i produeix aigua, segons la reacció següent:



Introduïm en un reactor 100 L d'hidrogen i 60 L d'oxigen, tots dos gasos mesurats a 298 K i a 1,0 bar, i a partir d'una guspira elèctrica comença el procés de combustió per a obtenir aigua líquida.

- a) Calculeu la calor alliberada si la reacció es produeix a pressió constant i a 298 K.
- b) S'alliberaria més quantitat de calor si la reacció es produís a volum constant i a 298 K? Justifiqueu la resposta.

DADES: Entalpia estàndard de formació de l'aigua(l), a 298 K: $\Delta H_f^\circ = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
 Constant dels gasos ideals: $R = 8,31 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

7.- 13-S1-3 Una marca d'envasos de begudes ha patentat una llauna que permet obtenir begudes fredes o calentes en qualsevol lloc i a qualsevol hora del dia. L'envàs consta de dos recipients superposats: el recipient extern d'alumini conté la beguda i el recipient intern conté unes substàncies que entren en contacte en el moment que obrim l'envàs, sense barrejar-se amb la beguda en cap moment. En funció de quines substàncies hi hagi en el recipient intern, la beguda es refredarà o s'escalfarà.

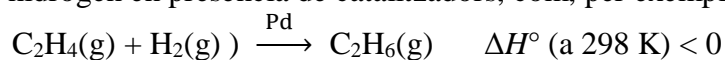


- a) Supposeu que la substància que conté el recipient intern de la llauna és un sòlid que es dissol amb aigua en el moment d'obrir l'envàs. Quina substància de la taula següent triaríeu a l'hora de dissenyar la llauna, si voleu refredar la beguda? I si la voleu escalfar? Justifiqueu les respostes.

Substància	CaCl ₂	Na ₂ CO ₃	KOH	NaCl	NH ₄ NO ₃	NH ₄ Cl
Entalpia estàndard de solució (ΔH_{sol}°), a 25 °C (kJ g ⁻¹)	-8 878	-3 053	-774	+228	+491	+776

- b) Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a obtenir l'entalpia de solució del NaCl(s) en aigua i indiqueu el material que utilitzaríeu i les mesures experimentals que caldria determinar. .

8.- 13-S4-1 L'etè, hidrocarbur insaturat anomenat habitualment *etilè*, és un dels compostos químics orgànics produïts en més quantitat al món. La principal aplicació que té és la fabricació del polímer *polietilè*, emprat per a l'elaboració de bosses de plàstic. També es pot transformar en età mitjançant reaccions d'addició d'hidrogen en presència de catalitzadors, com, per exemple, el pal·ladi:

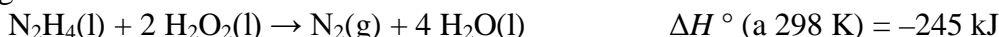


- a) Calculeu l'entalpia estàndard d'aquesta reacció, a 298 K, emprant els valors de la taula següent:

Enllaç	C—H	C—C	C=C	H—H
Entalpia d'enllaç, en condicions estàndard i a 298 K (en kJ mol ⁻¹)	413	348	614	436

- b) Expliqueu raonadament si la variació d'entropia d'aquesta reacció (ΔS°) és positiva o negativa, i també si la reacció serà espontània a temperatures altes o baixes.

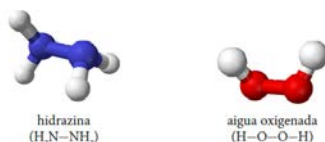
9.- 14-S5-3 En els vols espacials, la massa de combustible és molt més important que el volum que ocupa perquè com més gran és la massa més costa escapar-se del camp gravitatori terrestre. La hidrazina (N₂H₄) ha estat utilitzada com a combustible per als coets perquè la seva reacció amb l'aigua oxigenada és molt exotèrmica:



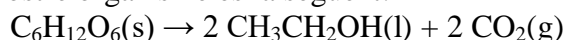
- a) Calculeu la quantitat d'energia produïda en forma de calor, a pressió constant, en la reacció d'un kilogram d'hidrazina amb un kilogram d'aigua oxigenada, en condicions estàndard i a 298 K.
- b) Calculeu l'energia d'enllaç N≡N, en condicions estàndard i a 298 K.

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; N = 14,0; O = 16,0 ;Valors de l'energia d'enllaç, en condicions estàndard i a 298 K (kJ mol⁻¹): $E(\text{O—O}) = 146$; $E(\text{N—N}) = 158$; $E(\text{N—H}) = 391$; $E(\text{O—H}) = 464$

Representació de les fórmules estructurals de la hidrazina i de l'aigua oxigenada



10.- 15-S2-5 La glucosa (C₆H₁₂O₆) és un monosacàrid que és molt present en la nostra vida, ja que les cèl·lules l'utilitzen com a font d'energia i com a intermediari metabòlic. Una de les reaccions que es poden produir en el nostre organisme és la següent:



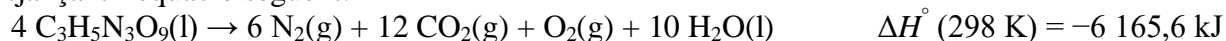
- a) A partir de les dades termodinàmiques de la taula, calculeu quina quantitat d'energia en forma de calor proporciona a l'organisme la reacció d'un mol de glucosa per a formar etanol, si es produeix a pressió constant.

Compost	CO ₂ (g)	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	CH ₃ CH ₂ OH(l)
Entalpia estàndard de formació, a 298 K (kJ mol ⁻¹)	-393,5	-1 274,5	-277,0

- b) Justifiqueu si la quantitat d'energia en forma de calor que proporciona a l'organisme la reacció d'un mol de glucosa per a formar etanol, a volum constant, seria igual, superior o inferior a la que proporcionaria la reacció si s'efectués a pressió constant.

DADA: Supposeu que les reaccions es duen a terme en condicions estàndard i a 298 K.

11.- 15-S5-2 La nitroglicerina, C₃H₅N₃O₉, que tradicionalment s'ha utilitzat per a fabricar explosius, també s'usa en medicina com a vasodilatador per a tractar l'angina de pit. Podem representar la descomposició de la nitroglicerina mitjançant l'equació següent:

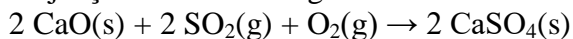


- a) Una dosi de nitroglicerina per a tractar l'angina de pit és de 0,60 mg. Si suposem que aquesta quantitat s'acaba descomponent totalment en l'organisme segons la reacció química anterior, calculeu quin volum d'oxigen obtindríem, mesurat a 1,0 bar i a 298 K, i quina quantitat de calor s'alliberaria a pressió constant, en condicions estàndard i a 298 K.
- b) Calculeu l'entalpia estàndard de formació de la nitroglicerina a 298 K.



DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; N = 14,0; O = 16,0. Constant universal dels gasos ideals: $R = 8,3 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Entalpia estàndard de formació, a 298 K: $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$.

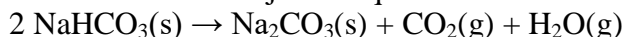
12.- 16-S5-4 L'òxid de calci o calç viva és un compost inorgànic molt important en l'àmbit industrial. En el control de la contaminació s'utilitza per a eliminar el diòxid de sofre generat en algunes centrals elèctriques mitjançant la reacció següent:



- En una central elèctrica s'eliminen, cada minut, 447 g de diòxid de sofre. Calculeu la calor que s'alliberarà per minut en el procés d'eliminació del diòxid de sofre amb calç viva si es produeix a una pressió constant d'1 atm i una temperatura de 298 K.
- En el cas que el procés es produís a volum constant, justifiqueu si s'alliberaria una quantitat de calor superior, inferior o igual.

DADES: Masses atòmiques relatives: O = 16; S = 32. Entalpies estàndard de formació, a 298 K: $\Delta H_f^\circ(\text{CaO}, \text{s}) = -635,1 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{SO}_2, \text{g}) = -296,4 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{CaSO}_4, \text{s}) = -1 432,7 \text{ kJ mol}^{-1}$. Constant universal dels gasos ideals: $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

13.- 17-S2-1 La descomposició tèrmica de l'hidrogencarbonat de sodi s'utilitza en la fabricació de pa, perquè el diòxid de carboni que desprèn produeix petites bombolles en la massa i això fa que «pugi» quan es posa el pa al forn. La reacció ajustada que hi té lloc és la següent:



- Justifiqueu, fent els càlculs necessaris, que la reacció absorbeix calor si es duu a terme a pressió constant.
- Suposant que la reacció s'efectuï a volum constant, la quantitat de calor absorbida serà igual, més gran o més petita? Justifiqueu la resposta qualitativament.

Nota: Suposeu que la reacció es duu a terme sempre en condicions estàndard i a 298 K.

Dades: Entalpies estàndard de formació a 298 K: $\Delta H_f^\circ(\text{Na}_2\text{CO}_3, \text{s}) = -1 131,0 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{NaHCO}_3, \text{s}) = -947,7 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}$.

14.- 17-S5-4 El bioetanol és un biocombustible que s'obté per fermentació dels sucres presents en les espècies vegetals que tenen un alt contingut en sacarosa, com ara la canya de sucre o la remolatxa, o bé un alt contingut en midó, com ara el blat, el blat de moro, l'ordi o les patates. El bioetanol es pot utilitzar com a combustibles en vehicles de motor.



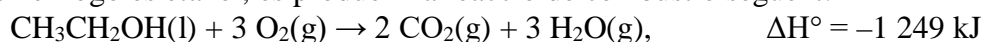
- Escriviu i ajusteu la reacció de combustió de l'etanol, i calculeu la variació d'entalpia estàndard a 25 °C i la variació d'energia interna estàndard a 25 °C del procés de combustió.
- Calculeu la calor alliberada, a 1 atm i 25 °C, associada a la combustió d'1 L d'etanol, de densitat $0,79 \text{ g cm}^{-3}$. Raoneu si la variació d'entropia en condicions estàndard, associada a la combustió de l'etanol, és positiva o negativa.

Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0. $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Entalpies estàndard de formació a 25 °C:

Compost	$\Delta H_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$
$\text{H}_2\text{O(l)}$	-285,8
$\text{CO}_2(\text{g})$	-393,5
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH(l)}$	-277,6

15.- 18-S1-3 En un institut, utilitzen un fogó d'alcohol per a escalfar els 300 cm^3 d'aigua que conté un vas de precipitats, en condicions estàndard i a una temperatura de 15 °C. Quan el tipus d'alcohol que crema en el fogó és etanol, es produeix la reacció de combustió següent:



- a) Calculeu la calor despresada quan s'han consumit 1,38 g d'etanol i determineu la temperatura final que assolirà l'aigua. Considereu que la calor absorbida per l'ambient i pel vas de precipitats és negligible.
- b) Calculeu l'entalpia de l'enllaç O=O.

Dades: Massa molar de l'etanol = $46,0 \text{ g mol}^{-1}$. Calor específica de l'aigua = $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Densitat de l'aigua = $1,00 \text{ g cm}^{-3}$.

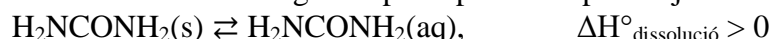
Entalpies d'enllaç:

Enllaç	C—C	C—O	C—H	O—H	C=O
Entalpia d'enllaç (kJ mol^{-1}) en condicions estàndard i a 298 K	348	360	412	463	797

16.- 18-S3-6 La urea (H_2NCONH_2) és una substància que alguns organismes vius sintetitzen per eliminar l'excés d'amoniac del cos. Observeu les dades termodinàmiques de la taula següent:

Reacció	Variació d'entalpia ΔH° a 298 K (kJ)
$2 \text{ NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{NCONH}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-133,3
$2 \text{ NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{NCONH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-119,3
$1/2 \text{ N}_2(\text{g}) + 3/2 \text{ H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{g})$	-46,1
$\text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-285,8
$\text{C}(\text{s, grafit}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$	-393,5

- a) Calculeu l'entalpia estàndard de formació, a 298 K, de la urea sòlida.
- b) El procés de dissolució de la urea en aigua es pot representar per mitjà de l'equació següent:



Calculeu la variació d'entalpia estàndard d'aquest procés de dissolució a 298 K. Expliqueu de quina manera la temperatura afectarà la dissolució de la urea.

17.- 19-S1-3 A l'octubre del 2018 va entrar en vigor l'aplicació d'una nova normativa d'etiquetatge dels combustibles. La gasolina, que conté isooctà (C_8H_{18}), ara s'etiqueta amb un cercle on figura el símbol E5, E10 o E85, segons que contingui un 5 %, un 10 % o el 85 % d'etanol, respectivament.

- a) Quan es crema 1,0 L d'isooctà a pressió constant, en condicions estàndard i a 298 K, s'obtenen 31 842 kJ d'energia en forma de calor. Escriviu la reacció de combustió de l'etanol líquid i justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, si en cremar 1,0 L d'etanol en les mateixes condicions s'obté més o menys energia en forma de calor.
- b) Expliqueu de quins perills ens alerten aquests quatre pictogrames que trobem a l'etiqueta d'un bidó de gasolina E5:



A



B



C



D

Dades: Masses atòmiques relatives: H=1,0; C=12,0; O=16,0 ; Densitat de l'etanol líquid = 780 g L^{-1}

Entalpia estàndard de formació a 298 K:

Substància	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	etanol(l)	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta H_f^{\circ} (\text{kJ mol}^{-1})$	-264	-278	-393

18.- 19-S4-6 El propà i el butà són combustibles que s'utilitzen a les llars i en la indústria. Es poden liquar fàcilment a pressió, i això facilita que es puguin transportar i vendre envasats en bombones.

- a) Escriviu les reaccions de combustió del propà i del butà. Volem obtenir 1 500 kJ d'energia en forma de calor mitjançant la combustió de butà o propà a una pressió constant d'1,0 bar. Quin dels dos processos de combustió genera menys quantitat de diòxid de carboni?
- b) Calculeu la massa d'aigua a 20 $^{\circ}\text{C}$ que es pot escalfar fins a 80 $^{\circ}\text{C}$ si cremem 145 g de butà a una pressió constant d'1,0 bar.

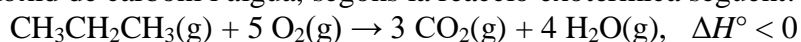
Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0. Entalpies estàndard de combustió a 298 K: $\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ (propà) = $-2\,220\text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ (butà) = $-2\,876\text{ kJ mol}^{-1}$. Calor específica de l'aigua (entre 20 i 80 °C) = $4\,180\text{ J kg}^{-1}\text{ °C}^{-1}$.

19.- 19-S5-3 Per al tractament de les molèsties causades pels cops, es fan servir unes bosses que s'escalfen o que es refreden instantàniament. En el cas de les bosses que es refreden, acostumen a contenir nitrat d'amoni i aigua disposats en compartiments separats; quan colpegem la bossa, les dues substàncies entren en contacte i es produeix el procés de dissolució següent:



- Explicueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a determinar l'entalpia de dissolució del nitrat d'amoni en aigua, i indiqueu el nom de tot el material de laboratori que utilitzaríeu. Quines mesures experimentals i quines altres dades necessitem per a calcular l'entalpia d'aquest procés de dissolució?
- (Tema d'àcid-base) Supposeu que en el procés de refredament de la bossa es dissolen 5 g de nitrat d'amoni en 180 g d'aigua. Justifiqueu, a partir del model d'àcids i bases de Brønsted-Lowry, si la solució resultant serà àcida, neutra o bàsica. Raoneu si el pH augmentarà o disminuirà si dissolem el doble de grams de nitrat d'amoni en la mateixa quantitat d'aigua, suposant que el volum total de la solució no varia.

20.- 19-S5-6 El propà és un gas àmpliament utilitzat com a combustible. Quan reacciona amb oxigen produeix diòxid de carboni i aigua, segons la reacció exotèrmica següent:



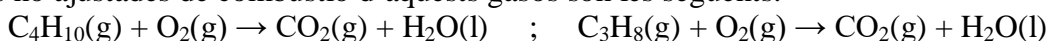
- Calculeu l'entalpia estàndard d'aquesta reacció, a 298 K, a partir dels valors de la taula següent:

Enllaç	C—C	C—H	O—H	O=O	C=O
Entalpia d'enllaç, en condicions estàndard i a 298 K (kJ mol^{-1})	348	413	463	498	804

- Experimentalment, hem obtingut un valor de l'entalpia estàndard de combustió del propà de $-2\,045\text{ kJ mol}^{-1}$. Quina quantitat de calor es despendrà, a pressió constant, si fem reaccionar 88 g de propà amb 500 g d'oxigen?

Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

21.- 20-S1-3 El butà i el propà són dos combustibles gasosos utilitzats en la indústria i la llar. Les reaccions no ajustades de combustió d'aquests gasos són les següents:



- Ajusteu les reaccions. Calculeu l'entalpia de combustió estàndard del butà i del propà a pressió constant. [1,25 punts]
- Un dels gasos causants de l'efecte d'hivernacle és el CO_2 . Justifiqueu quin dels dos combustibles genera més mols de CO_2 per quantitat de calor alliberada a pressió constant. [1,25 punts]

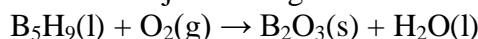
Dades: Entalpies estàndard de formació a 25 °C:

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,8\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) = -126,2\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; \Delta H_f^\circ (\text{C}_3\text{H}_8, \text{g}) = -103,8\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0. Temperatura de l'experiment: 25 °C.

22.- 20-S3-5 Els hidrurs de bor s'han utilitzat com a combustibles de coets en la indústria aeroespacial. Un d'aquests hidrurs, el B_5H_9 , s'inflama espontàniament en l'aire i dona òxid de bor(III) i aigua, d'acord amb la reacció no ajustada següent:



- Ajusteu la reacció. Calculeu la quantitat de calor alliberada quan es crema 1 g de l'hidruir a la pressió constant d'1 atm. [1,25 punts]

- b) La gasolina amb un índex d'octà («octanatge») alt està composta majorment per octà líquid. Escriviu la reacció ajustada de combustió de l'octà en la qual s'obté diòxid de carboni gasós i aigua líquida. Calculeu l'energia obtinguda en la combustió d'1 g d'aquest hidrocarbur a volum constant. [1,25 punts]

Dades: Entalpies estàndard de formació (25 °C): ΔH_f° (B_5H_9 , l) = +73,2 kJ · mol⁻¹. ΔH_f° (B_2O_3 , s) = -1 273,5 kJ · mol⁻¹. ΔH_f° (H_2O , l) = -285,8 kJ · mol⁻¹. Masses atòmiques relatives: H = 1,0; B = 10,8; C = 12,0; O = 16,0. Entalpia estàndard de combustió de l'octà: -5 512 kJ · mol⁻¹. $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Temperatura: 25 °C.

Energies Reticulars. Cicle de Born-Haber

1.- 11-S1-5. Per a calcular l'energia reticular del clorur de sodi (-787 kJ mol⁻¹) cal conèixer les dades termodinàmiques que apareixen en la taula següent:

Dades termodinàmiques en condicions estàndard i a 298K

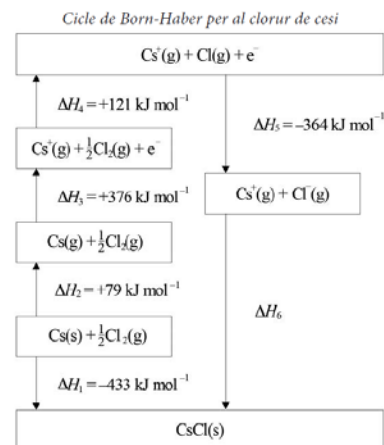
Magnituds termodinàmiques	Valor (kJ mol ⁻¹)
Entalpia de sublimació del Na(s)	107
Primera energia d'ionització del Na	496
Entalpia de formació del Cl(g)	122
Afinitat electrònica del Cl	-349
Entalpia de formació del NaCl(s)	-411

- a) Expliqueu la diferència que hi ha entre els conceptes *energia d'ionització* i *afinitat electrònica* d'un element, i entre els conceptes *energia reticular* i *entalpia de formació* d'un compost iònic.
- b) Expliqueu raonadament, a partir del model electrostàtic del sòlid iònic, si l'energia reticular del bromur de potassi serà més gran o més petita que la del clorur de sodi.

DADES: Nombres atòmics (Z): Z(Na)=11; Z(Cl)=17; Z(K)=19; Z(Br)=35.

2.- 14-S4-3 Les energies reticulars dels compostos iònics són útils per a predir els punts de fusió i les solubilitats en aigua d'aquest tipus de compostos. Per a poder calcular el valor de l'energia reticular d'un compost iònic s'utilitza el cicle de Born-Haber. A partir de la figura següent:

- a) Escriviu les reaccions corresponents a l'energia d'ionització del cesi, l'afinitat electrònica del clor i l'entalpia de formació del clorur de cesi, i indiqueu quin valor tenen les entalpies de cadascun d'aquests processos.
- b) Calculeu el valor de l'energia reticular del clorur de cesi.



3.- 16-S3-5 Per a calcular l'energia reticular del clorur de magnesi (MgCl_2) cal conèixer les dades termodinàmiques que apareixen en la taula següent:

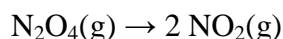
Magnituds en condicions estàndard i a 25 °C	Valor (kJ mol ⁻¹)
Energia de sublimació del magnesi	146,3
Primera energia d'ionització del magnesi	736,3
Segona energia d'ionització del magnesi	1 448,4
Energia de dissociació del clor gasós	242,6
Afinitat electrònica del clor	-364,5
Variació d'entalpia de formació del clorur de magnesi	-641,2

- a) Dibuixeu el diagrama d'entalpies del clorur de magnesi (cicle de Born-Haber) i calculeu l'energia reticular d'aquesta sal a 25 °C.

- b) Expliqueu justificadament si el valor absolut de l'energia reticular del clorur de magnesi és més gran o més petit que el de l'energia reticular del clorur de calci (CaCl_2).
- DADES: Nombres atòmics: $Z(\text{Cl}) = 17$; $Z(\text{Mg}) = 12$; $Z(\text{Ca}) = 20$.

Entropia, Energia Lliure, Espontaneïtat

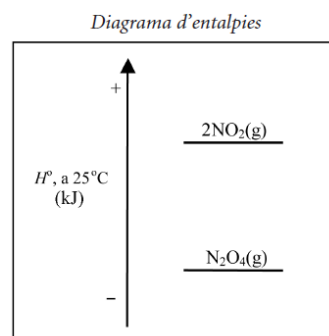
1.- 11-S4-2 El tetròxid de dinitrogen es descompon en diòxid de nitrogen segons la reacció següent:



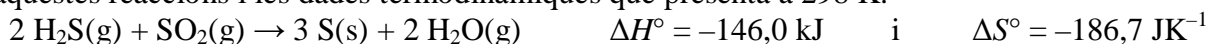
A partir de la figura, contesteu raonadament les qüestions següents.

- Quin signe tindran la variació d'entalpia estàndard (ΔH°) i la variació d'entropia estàndard (ΔS°) de la reacció de dissociació del N_2O_4 en NO_2 , a 25°C ?
- Quan serà espontània, la reacció, a temperatures altes o a temperatures baixes?

DADES: Supposeu que ΔH° i ΔS° no varien amb la temperatura.



2.- 12-S1-3 Les erupcions volcàniques són les manifestacions naturals d'energia més espectaculars. Un volcà en actiu emet gasos, líquids i sòlids. Els gasos que emanen a l'atmosfera són, principalment, N_2 , CO_2 , HCl , HF , H_2S i vapor d'aigua. Si fem un balanç de la quantitat de sofre que hi ha als voltants dels volcans, observem que una part del sulfur d'hidrogen s'ha transformat en diòxid de sofre gasós i aquest, posteriorment, en sofre sòlid. L'equació següent correspon a una d'aquestes reaccions i les dades termodinàmiques que presenta a 298 K :



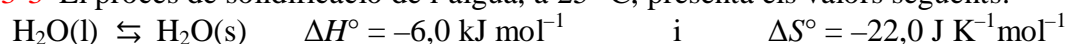
- Expliqueu raonadament per quins valors de temperatura serà espontània aquesta reacció. Supposeu que les variacions d'entalpia i entropia estàndard no es modifiquen amb la temperatura.
- Llegiu la notícia següent, que va aparèixer als mitjans de comunicació arran de les erupcions volcàniques a El Hierro. Expliqueu raonadament si esteu d'acord amb la frase destacada en negreta.

Valverde (El Hierro)

El pH superficial de l'aigua del mar ha variat de 7,97 a 5,45, a 5 metres de profunditat en la zona de l'erupció volcànica a El Hierro. «**Aquesta disminució aproximada de 3 unitats suposa que el medi està suportant una concentració de H_3O^+ cent mil vegades superior al valor normal**», va informar la direcció del Pla de Protecció Civil per Risc Volcànic. [...]

Traducció feta a partir del text «La concentración de ácidos al sur de El Hierro, 100.000 superior a lo normal»
Europapress.es (10 novembre 2011)

3.- 12-S3-3 El procés de solidificació de l'aigua, a 25°C , presenta els valors següents:



Suposeu que els valors de les variacions d'entalpia i entropia del procés de solidificació de l'aigua no es modifiquen amb la temperatura, i responeu a les qüestions següents:

- Expliqueu raonadament per què l'aigua, en condicions estàndard, no se solidifica a 25°C , i sí que ho fa a -10°C .
- Calculeu la temperatura, expressada en graus Celsius, per sota de la qual l'aigua se solidifica en condicions estàndard.

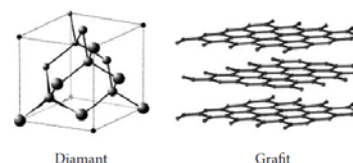
4.- 13-S3-1 La calç viva, CaO , s'utilitza en el tractament d'aigües i en l'eliminació del diòxid de sofre dels gasos de les xemeneies de les centrals tèrmiques, mentre que la calç morta o apagada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, s'usa juntament amb sorra i aigua en els morters emprats en la construcció per a unir maons. Si posem aigua en contacte amb la calç viva, aquesta s'hidrata i origina la calç apagada. Observeu la taula següent i responeu a les qüestions:

Dades termodinàmiques, a 298 K

Substància	$\Delta H_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$	$\Delta G_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$
CaO(s)	-635,1	-604,0
Ca(OH) ₂ (s)	-985,8	-898,5
H ₂ O(l)	-285,8	-237,1

- Escriuiu la reacció de transformació de la calç viva en calç apagada i expliqueu raonadament si la reacció absorbeix o desprèn calor, en condicions estàndard i a 298 K, quan es duu a terme a pressió constant.
- Expliqueu raonadament si la reacció de transformació de la calç viva en calç apagada és espontània, en condicions estàndard i a 298 K.

5.- 14-S3-3 El diamant i el grafit són dues substàncies sòlides formades només per àtoms de carboni que reben la denominació de *varietats al·lotròpiques del carboni*. La diferència fonamental en les seves propietats es deu a la disposició espacial dels àtoms de carboni:



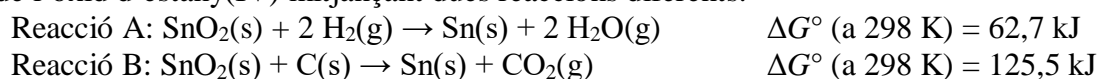
- Calculeu la variació d'energia lliure estàndard, ΔG° , de la transformació química següent a 298 K, i justifiqueu si és espontània:

$$\text{C}(\text{grafit}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{diamant})$$
- L'entalpia estàndard de combustió del carboni grafit, a 298 K, és $-395,5 \text{ kJ mol}^{-1}$. Escriuiu la reacció de combustió del carboni grafit i calculeu la massa mínima que hem de cremar d'aquest compost perquè la calor alliberada es pugui utilitzar per a escalfar 2,0 L d'aigua continguts en una olla oberta, a 10°C i a pressió atmosfèrica, fins a la temperatura d'ebullició. Considereu negligible la calor absorbida pel recipient.

DADES: Entalpia estàndard de formació, a 298 K: $\Delta H_f^\circ (\text{C, grafit}) = 0,0 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ (\text{C, diamant}) = 1,9 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Entropia estàndard absoluta, a 298 K: $S^\circ (\text{C, grafit}) = 5,7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ (\text{C, diamant}) = 2,4 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; Massa atòmica relativa: $\text{C} = 12,0$; Calor específica de l'aigua = $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; Densitat de l'aigua = $1,0 \text{ g mL}^{-1}$; Temperatura d'ebullició de l'aigua (a pressió atmosfèrica) = 100°C

6.- 14-S4-4 L'estany és un metall platejat, mal·leable, que no s'oxida fàcilment i, per això, s'utilitza en molts aliatges per a recobrir altres metalls i protegir-los de la corrosió. Es pot obtenir a partir de l'òxid d'estany(IV) mitjançant dues reaccions diferents:



- Quina de les dues reaccions tindrà una variació d'entropia més gran en condicions estàndard i a 298 K? Expliqueu-ho raonadament.
- Calculeu el valor de l'energia lliure estàndard de formació, ΔG_f° , de l'òxid d'estany(IV) a 298 K.

DADES: Energia lliure estàndard de formació, a 298 K: $\Delta G_f^\circ (\text{CO}_2) = -399,4 \text{ kJ mol}^{-1}$

7.- 15-S5-2 En la fermentació acètica del vi, per acció dels bacteris del gènere *Acetobacter*, l'etanol reacciona amb l'oxigen de l'aire i es transforma en àcid etanoic (anomenat habitualment *àcid acètic*) i aigua, mescla líquida que dona lloc al vinagre.



- Escriuiu la reacció de fermentació acètica del vi. Calculeu-ne la variació d'entalpia, en condicions estàndard i a 298 K, i justifiqueu si la reacció és endotèrmica o exotèrmica.
- Calculeu la variació d'energia lliure de la reacció de fermentació acètica del vi, en condicions estàndard i a 298 K, i justifiqueu si la reacció és espontània.

DADES: Entalpia estàndard de formació, a 298 K: ΔH_f° (CH₃CH₂OH, l) = -277,6 kJ mol⁻¹; ΔH_f° (CH₃COOH, l) = -487,0 kJ mol⁻¹; ΔH_f° (H₂O, l) = -285,8 kJ mol⁻¹. Energia lliure estàndard de formació, a 298 K: ΔG_f° (CH₃CH₂OH, l) = -174,9 kJ mol⁻¹; ΔG_f° (CH₃COOH, l) = -392,6 kJ mol⁻¹; ΔG_f° (H₂O, l) = -237,2 kJ mol⁻¹.

8.- 16-S1-4 Per a combatre amb eficàcia el foc, és necessari saber que la combustió és una reacció química que es produeix quan els vapors que desprèn una substància combustible es combinen amb una gran rapidesa amb l'oxigen de l'aire. Aquesta reacció, amb despreniment de llum i calor, dóna lloc al foc.

- Amb les dades de la taula, calculeu l'entalpia de vaporització de l'aigua a 1 atm i justifiqueu, a partir del resultat, per què s'utilitza l'aigua per a apagar el foc. Calculeu també la calor necessària per a vaporitzar 1,0 kg d'aigua a una pressió constant d'1 atm.
- A partir de les dades de la taula, calculeu la temperatura d'ebullició de l'aigua a 1 atm de pressió.

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1; O = 16.

Magnituds termodinàmiques en condicions estàndard i a 25 °C:

Compost	ΔH_f° (kJ mol ⁻¹)	S° (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
H ₂ O(l)	-285,8	70,0
H ₂ O(g)	-241,8	188,0

Nota: ΔH_f° i S° són constants i independents de la temperatura.

9.- 17-S1-1 El trinitrotoluen (TNT) és un explosiu molt potent que, en relació amb la nitroglicerina, té l'avantatge que és més estable en cas d'impacte, cops o fricció. La descomposició explosiva del TNT es pot representar mitjançant l'equació química següent:

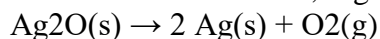


- Calculeu la calor produïda a pressió constant en fer explotar 2,27 kg de TNT en condicions estàndard i a 298 K.
- Justifiqueu si la variació d'entropia estàndard d'aquesta reacció (ΔS°) és positiva o negativa, i com influeix la temperatura en l'espontaneïtat d'aquesta reacció. Supposeu que l'entalpia i l'entropia no varien en funció de la temperatura.

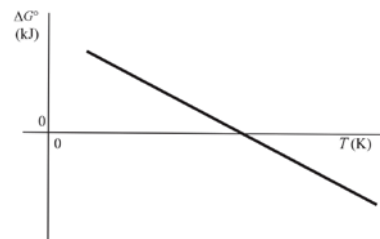
Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; N = 14,0; O = 16,0.

Entalpies estàndard de formació a 298 K: ΔH_f° (TNT, s) = -364,1 kJ mol⁻¹; ΔH_f° (CO, g) = -110,3 kJ mol⁻¹; ΔH_f° (H₂O, g) = -241,6 kJ mol⁻¹.

10.- 18-S1-7 L'activitat antimicrobiana de la plata ha estat demostrada in vitro fins i tot contra bacteris multiresistents. Perquè es doni aquesta activitat, cal que la plata es trobi en l'estat d'oxidació +1, com succeeix en l'òxid de plata. Però a una temperatura de 25 °C, aquest compost es pot descompondre i pot formar plata en l'estat d'oxidació 0, segons la reacció química següent:



En el gràfic següent es mostra la variació de l'energia lliure estàndard d'aquesta reacció en funció de la temperatura:

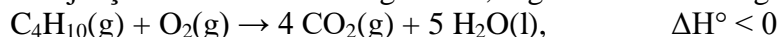


- Calculeu la variació d'entropia estàndard (ΔS°) de la reacció de descomposició de l'òxid de plata a 25 °C. Expliqueu què indica, a escala microscòpica, el signe de la variació d'aquesta magnitud termodinàmica.
- Expliqueu quina és la influència de la temperatura en l'espontaneïtat d'aquesta reacció. Digueu si la reacció és exotèrmica o endotèrmica i justifiqueu la resposta.

Dades: Entropies estàndard a 25 °C: S° (Ag, s) = 42,7 J K⁻¹ mol⁻¹; S° (Ag₂O, s) = 127,8 J K⁻¹ mol⁻¹; S° (O₂, g) = 205,1 J K⁻¹ mol⁻¹.

Nota: Supposeu que l'entalpia i l'entropia estàndard de la reacció no varien en funció de la temperatura.

11- 18-S5-6 En un laboratori, cal escalfar 100 litres d'aigua diàriament; l'aigua està a 15 °C, i cal que arribi a una temperatura de 85 °C. La calor emprada per a dur a terme el procés prové d'una caldera que funciona mitjançant la combustió de gas butà, segons la reacció següent:



- Calculeu quants kilograms de butà cal cremar cada dia, a pressió constant, per a satisfer les necessitats del laboratori. Supposeu que la reacció es duu a terme en condicions estàndard i a 298 K.
- Digueu quin signe tindrà la variació d'entropia estàndard (ΔS°) de la reacció de combustió del butà. Suposant que l'entalpia i l'entropia no canvien amb la temperatura, digueu si la reacció és espontània a temperatures molt altes. Justifiqueu les respostes.

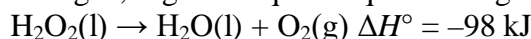
Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0. Densitat de l'aigua = 1,00 kg L⁻¹.

Calor específica de l'aigua = 4 180 J kg⁻¹ °C⁻¹.

Entalpies estàndard de formació a 298 K: $\Delta H_f^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) = -126,2 \text{ kJ mol}^{-1}$;

$\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) = -393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$.

12- 19-S4-1 L'ús de la nanotecnologia en l'àmbit de la medicina és actualment un camp d'investigació capdavanter. S'han construït nanomotors propulsats per oxigen gasós obtingut a partir de la descomposició del peròxid d'hidrogen, segons l'equació química següent:



- Indiqueu si la reacció de descomposició del peròxid d'hidrogen és espontània en condicions estàndard i a 298 K, i si l'espontaneïtat de la reacció depèn de la temperatura. Justifiqueu les respostes.

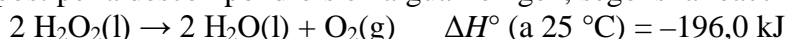
Nota: Supposeu que l'entalpia i l'entropia estàndard no varien en funció de la temperatura.

- En un dels experiments es va demostrar que les nanopartícules adquireixen més velocitat quan són il·luminades amb radiacions electromagnètiques amb longituds d'ona de 633 nm i 405 nm. Quina de les dues radiacions és més energètica? Amb quin tipus de radiació electromagnètica estem il·luminant les nanopartícules? Raoneu les respostes.

Dades: Entropies estàndard a 298 K: $S^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 69,9 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{H}_2\text{O}_2, \text{l}) = 102,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{O}_2, \text{g}) = 205,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. Velocitat de la llum en el buit: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. 1 nm = 10⁻⁹ m.

Espectre electromagnètic:	Freqüència (Hz)	3×10^{19}	3×10^{16}	4×10^{14}	3×10^{11}	3×10^8
	Radiació	Raigs γ	Raigs X	Radiació ultraviolada i visible	Radiació infraroja	Microones

13- 19-S5-1 El poder oxidant de l'aigua oxigenada (H_2O_2) és degut a la facilitat d'aquest compost per a descompondre's en aigua i oxigen, segons la reacció següent:



- Calculeu la variació d'entropia estàndard de la reacció de descomposició de l'aigua oxigenada a 25 °C. Justifiqueu si la reacció és espontània en condicions estàndard i a 25 °C.
- L'aigua oxigenada s'utilitza per a netejar ferides i desinfectar-les, ja que la sang conté catalasa, un enzim que fa de catalitzador de la descomposició de l'aigua oxigenada i l'alliberament d'oxigen. Què és un catalitzador? A partir d'un model cinètic, expliqueu com actua la catalasa en aquesta reacció química.

Dades: Entropia absoluta en condicions estàndard i a 25 °C:

Substància	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
$S^\circ (\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1})$	205,0	109,6	70,0



14- 20-S3-6 El metantíol ($\text{CH}_3\text{—SH}$) és un gas incolor amb una olor similar a la col fermentada i és una de les principals substàncies responsables del mal alè. Es produeix d'una manera natural amb

la descomposició bacteriana de les proteïnes i, per tant, s'estudia com a indicador de la degradació d'aliments.

Se sintetitza per reacció entre el metanol i el sulfur d'hidrogen a 400 °C, utilitzant l'alúmina i el wolframat de potassi com a catalitzadors:



- Determineu si la reacció serà espontània o no a aquesta temperatura. [1,25 punts]
- Representeu gràficament el diagrama d'energies de la reacció amb catalitzador, i indiqueu l'energia d'activació i l'entalpia de la reacció. Expliqueu com el catalitzador modifica la velocitat de la reacció. Indiqueu també si el catalitzador modifica l'entalpia de la reacció. Justifiqueu les respostes. [1,25 punts]

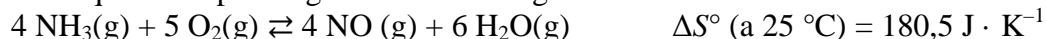
Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; S = 32,0.

ΔH_f° (unitats en $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) a 25 °C: $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) = -201,0$; $\text{CH}_3\text{SH}(\text{g}) = -22,9$; $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = -228,6$; $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = -20,6$.

S° (unitats en $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) a 25 °C: $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) = 239,9$; $\text{CH}_3\text{SH}(\text{g}) = 255,2$; $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 188,8$; $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = 205,8$.

Nota: Supposeu que els valors de variació d'entalpia i d'entropia no canvien amb la temperatura.

15- 20-S4-6 En la fabricació de l'àcid nítric a partir de l'amoníac, en primer lloc cal oxidar catalíticament aquest compost segons la reacció següent:



El procés industrial seguit, que permet obtenir valors alts de rendiment i de velocitat de reacció, consisteix a barrejar amoníac vaporitzat i filtrat amb un corrent d'aire filtrat i comprimit. Posteriorment, la mescla amoníac-aire es posa en contacte amb una malla que conté platí i rodi que es troba a 900 °C de temperatura, on es produeix la reacció química.

- Calculeu la variació d'entalpia estàndard de la reacció a 25 °C. Justifiqueu si l'espontaneïtat d'aquesta reacció depèn o no de la temperatura. [1,25 punts]
- Digueu amb quines unitats s'expressa la velocitat de reacció i justifiqueu la resposta. Expliqueu quina és la funció de la malla de platí i rodi en la reacció anterior i raoneu si la malla modifica el valor de l'entalpia estàndard de la reacció. [1,25 punts]

Dades: Entalpies estàndard de formació a 25 °C: $\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -241,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ (\text{NH}_3, \text{g}) = -46,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ (\text{NO}, \text{g}) = +90,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

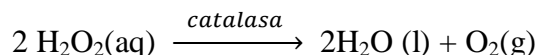
Nota: Supposeu que l'entalpia i l'entropia estàndard de la reacció no varien amb la temperatura.

Cinètica Química

1.- 11-S1-6 La reacció en fase gasosa $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$ és un dels passos intermedis en la síntesi d'adobs nitrogenats. Es tracta d'una reacció d'ordre 2 respecte al monòxid de nitrogen, i d'ordre 1 respecte a l'oxigen.

- Escriviu l'equació de velocitat per a aquesta reacció. Indiqueu, raonadament, les unitats amb què s'expressen la velocitat i la constant de velocitat d'aquesta reacció.
- Què succeeix amb la velocitat de la reacció si augmentem la temperatura i mantenim constant el volum? I si augmentem el volum i mantenim constant la temperatura? Justifiqueu les respostes.

2.- 11-S2-3 El peròxid d'hidrogen (aigua oxigenada) és un producte de rebuig de moltes de les reaccions que tenen lloc en les cèl·lules vives. L'enzim catalasa en provoca la descomposició en productes menys nocius.



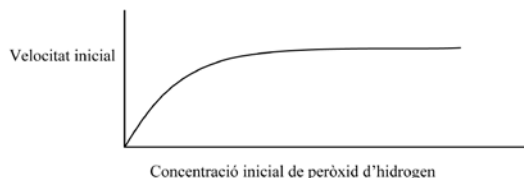
Es pot investigar experimentalment la cinètica d'aquesta reacció mesurant la quantitat d'oxigen gasós que es produeix amb el pas del temps. En una primera sèrie d'experiments al laboratori es van obtenir les dades que es mostren en la taula següent:

Dades experimentals sobre la descomposició de l'aigua oxigenada

Experiment	$[H_2O_2]$ inicial ($mol\ L^{-1}$)	Velocitat inicial ($\mu mol\ L^{-1}\ s^{-1}$)
1	0,10	4,2
2	0,20	8,5
3	0,30	12,7
4	0,40	16,8

- a) Justifiqueu quin és l'ordre de reacció respecte al peròxid d'hidrogen i calculeu la constant de velocitat de la reacció.

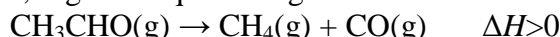
- b) Si duem a terme una segona sèrie d'experiments al laboratori, similar a l'anterior però utilitzant un conjunt de solucions de peròxid d'hidrogen de concentracions més elevades, obtenim la representació gràfica següent:



Justifiqueu quin és l'ordre de reacció respecte al peròxid d'hidrogen a concentracions elevades. Escriviu l'equació de velocitat en aquestes condicions i indiqueu les unitats de la constant de velocitat.

DADES: La temperatura i la concentració de catalasa són constants en tots els experiments.

3.- 11-S4-7 El procés de piròlisi de l'etanal, a $518\ ^\circ C$, produeix la descomposició d'aquest aldehyd en metà i monòxid de carboni, segons l'equació següent:



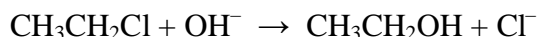
S'ha estudiat la cinètica d'aquesta reacció, a $518\ ^\circ C$, seguint la variació de la pressió total del reactor amb el temps. A partir de les dades experimentals obtingudes, i fent-ne el tractament matemàtic adient, es troba la relació següent entre la velocitat de la reacció (v) i la concentració de reactiu:

$$\log v = 5,17 + 2 \log [CH_3CHO(g)]$$

en què la velocitat s'expressa en $mol\ L^{-1}\ s^{-1}$ i la concentració d'etanal, en $mol\ L^{-1}$.

- a) Quin és l'ordre de la reacció i el valor de la constant de velocitat de la reacció de piròlisi de l'etanal, a $518\ ^\circ C$? Expliqueu raonadament les respostes.
- b) Dibuixeu, de manera aproximada, el perfil d'aquesta reacció en un diagrama de l'energia en funció de la coordenada de reacció, suposant que la reacció es duu a terme en una sola etapa, i indiqueu on es troben les magnituds de l'energia d'activació i de l'entalpia de reacció. Com canviaria aquest dibuix si en la reacció de piròlisi s'emprés un catalitzador? Justifiqueu la variació de la velocitat de la reacció en presència d'un catalitzador a partir del model de l'estat de transició.

4.- 12-S3-1 Una de les aplicacions del cloroetà durant el segle XX ha estat la producció d'un antidetonant per a la gasolina. El cloroetà s'hidrolitza en una solució calenta d'hidròxid de sodi, segons l'equació següent:



Estudiem la variació de la velocitat inicial d'aquesta reacció per a diferents concentracions inicials dels reactius, a una temperatura determinada. Els resultats es poden observar en la taula següent:

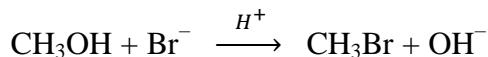
Estudi experimental de la cinètica de la reacció d'hidròlisi del cloroetà

Concentració inicial de cloroetà ($mol\ dm^{-3}$)	Concentració inicial d'ió hidròxid ($mol\ dm^{-3}$)	Velocitat inicial de la reacció ($mol\ dm^{-3}\ s^{-1}$)
0,010	0,020	$8,60 \times 10^{-8}$
0,020	0,020	$1,72 \times 10^{-7}$

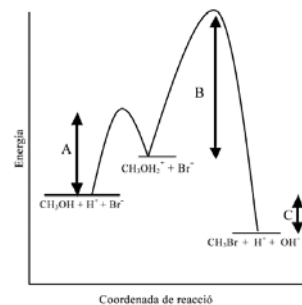
0,020	0,060	$5,16 \times 10^{-7}$
-------	-------	-----------------------

- Determineu l'ordre de reacció respecte a cada reactiu i l'ordre total de la reacció. Expliqueu raonadament les respostes.
- Calculeu la constant de velocitat de la reacció.

5.- 12-S4-5 El bromur de metil s'obté del metanol mitjançant una reacció de substitució catalitzada en un medi àcid:

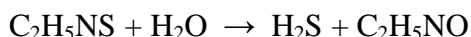


El perfil de la cinètica d'aquesta reacció és el següent:



- Indiqueu quines magnituds representen les lletres A, B i C. Quina de les dues etapes del mecanisme de la reacció és la més lenta? La reacció d'obtenció del bromur de metil a partir de metanol en un medi àcid és exotèrmica o endotèrmica? Justifiqueu les respostes.
- Expliqueu què s'entén per *intermedi de reacció* i per *estat de transició* (o *complex activat*). Quants intermedis de reacció i quants estats de transició hi ha en el mecanisme de la reacció d'obtenció del bromur de metil a partir de metanol?

6.- 13-S1-4 La tioacetamida és un compost orgànic, de fórmula $\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$, que s'utilitza en síntesi orgànica i inorgànica com a font de sulfur. La tioacetamida reacciona amb aigua, en un medi àcid, per formar sulfur d'hidrogen:



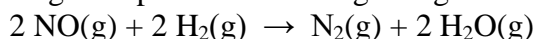
L'equació de la velocitat d'aquesta reacció és donada per l'expressió següent:

$$v = k [\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}][\text{H}_3\text{O}^+]$$

- Indiqueu l'ordre total de la reacció. Amb quines unitats s'expressa la velocitat d'una reacció química? Quines unitats té la constant de velocitat de la reacció de la tioacetamida amb aigua en un medi àcid? Justifiqueu totes les respostes.
- Tenim una solució aquosa que conté $\text{C}_2\text{H}_5\text{NS}$ i és 0,15 M en HCl. Justifiqueu si la velocitat de la reacció augmentarà o disminuirà si afegim una mica de NaOH a la solució, o si substituïm l'àcid clorhídric per àcid acètic de la mateixa concentració.

DADES: L'àcid acètic és el nom habitual de l'àcid etanoic, àcid feble de fórmula CH_3COOH .

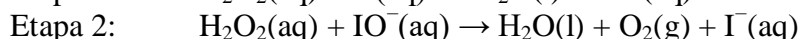
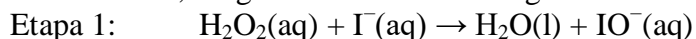
7.- 13-S3-5 El monòxid de nitrogen es pot reduir a nitrogen segons la reacció següent:



Es va dissenyar un conjunt d'experiències, a 904°C , que va permetre determinar que la reacció és d'ordre 2 respecte al monòxid de nitrogen, que és d'ordre 1 respecte a l'hidrogen, i que el valor de la constant de velocitat és $6,32 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$. En un reactor de volum fix introduïm la mateixa quantitat, en mols, de monòxid de nitrogen i d'hidrogen, i escalfem la mescla a 904°C perquè comenci la reacció.

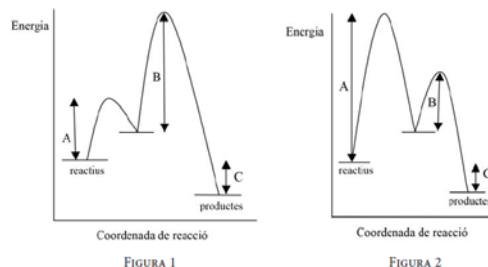
- Calculeu la concentració d'hidrogen en el reactor quan la concentració de monòxid de nitrogen és $0,15 \text{ mol L}^{-1}$. Quina és la velocitat de la reacció en aquest instant?
- Com es veu afectada la velocitat de la reacció si introduïm un catalitzador en el reactor? I si augmentem la temperatura? Expliqueu raonadament les respostes a partir d'un model cinètic.

8.- 14-S3-1 El peròxid d'hidrogen (H_2O_2), anomenat també *aigua oxigenada*, es descompon molt lentament en solució aquosa en oxigen i aigua. La reacció de descomposició es facilita quan s'hi afegeixen ions iodur, i segueix el mecanisme següent:

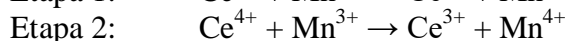
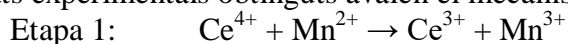


Quan estudiem experimentalment aquest mecanisme trobem que l'etapa 1 és la més lenta, i, per tant, la reacció global segueix una cinètica d'ordre 1 respecte del peròxid d'hidrogen i d'ordre 1 respecte de l'ió iodur.

- Escriu l'equació de velocitat de la reacció de descomposició del peròxid d'hidrogen en presència d'ions iodur i indiqueu quin és l'ordre total de la reacció. Expliqueu raonadament quina funció tenen els ions iodur en aquest procés de descomposició i amb quines unitats s'expressa la constant de velocitat d'aquesta reacció.
- Quina de les dues figures següents representa millor la descomposició del peròxid d'hidrogen en presència d'ions iodur i quines magnituds representen les lletres A, B i C? Des del punt de vista energètic, la descomposició és exotèrmica o endotèrmica? Argumenteu les respostes.

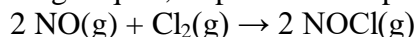


9.- 14-S5-6 Un laboratori ha estudiat la cinètica de la reacció d'oxidació de tal·li(I) amb ceri(IV) en presència de manganès(II) com a catalitzador, en solució aquosa i a la temperatura de 20 °C. Els resultats experimentals obtinguts avalen el mecanisme de reacció següent en tres etapes:



- Escriu la reacció global. Expliqueu què és un *catalitzador* i com intervé en la cinètica d'una reacció emprant un model cinètic.
- Atès que l'etapa 1 del mecanisme és la més lenta de totes tres, la velocitat de la reacció global és d'ordre 1 respecte del Ce^{4+} i d'ordre 1 respecte del Mn^{2+} . Escriu l'equació de velocitat de la reacció global i justifiqueu en quines unitats s'expressa la velocitat de reacció i en quines unitats s'expressa la constant de velocitat d'aquesta reacció.

10.- 15-S2-6 El clorur de nitrosil (NOCl), compost que s'utilitza en síntesi química per a introduir grups —NO en diverses molècules orgàniques, es pot formar a partir de la reacció següent:



Hem estudiat la influència de la concentració dels reactius en la velocitat d'aquesta reacció a una temperatura determinada i hem obtingut els resultats següents:

Estudi experimental de la cinètica de la reacció

Concentració inicial de NO (mol L^{-1})	Concentració inicial de Cl_2 (mol L^{-1})	Velocitat inicial de la reacció ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
0,0125	0,0255	$2,27 \times 10^{-5}$
0,0125	0,0510	$4,55 \times 10^{-5}$
0,0250	0,0255	$9,08 \times 10^{-5}$

- Justifiqueu l'ordre de la reacció respecte a cada reactiu i calculeu la constant de velocitat
- Expliqueu en què es basa el model cinètic de col·lisions. Justifiqueu a partir d'aquest model cinètic l'efecte de la temperatura i del volum del reactor en la velocitat de la reacció.

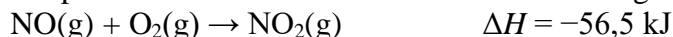
11.- 15-S4-6 El fluorur de nitril (NO_2F) és un gas incolor que s'utilitza com a agent per a la fluoració i el podem sintetitzar a partir de diòxid de nitrogen i fluor gasos. El mecanisme d'aquesta reacció de síntesi es produeix en dues etapes elementals:



- Escriu la reacció global de la síntesi del fluorur de nitril. Justifiqueu l'ordre de la reacció de l'etapa 1 respecte de cadascun dels reactius i escriu l'equació de velocitat de la reacció de l'etapa 1. Indiqueu en quines unitats s'expressa la velocitat d'una reacció química.

- b) Emprant el model de col·lisions o el model de l'estat de transició (o complex activat), expliqueu el concepte *energia d'activació* i la influència de la temperatura en la velocitat d'una reacció química.

12.- 15-S5-1 L'oxigen i el nitrogen reaccionen a temperatures molt elevades i formen diferents òxids de nitrogen que, un cop alliberats a l'atmosfera, intervenen en processos de formació d'altres contaminants. Un d'aquests processos és l'oxidació del monòxid de nitrogen a diòxid de nitrogen:

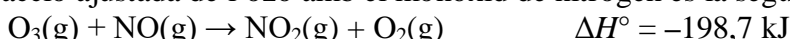


La taula següent mostra les dades d'un estudi experimental de la cinètica d'aquesta reacció, a 25 °C:

Experiència	$[\text{NO}]_{\text{inicial}} (\text{mol L}^{-1})$	$[\text{O}_2]_{\text{inicial}} (\text{mol L}^{-1})$	Velocitat inicial ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$7,0 \times 10^{-6}$
2	$1,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-5}$
3	$1,0 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-5}$
4	$2,0 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$8,4 \times 10^{-5}$
5	$3,0 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-4}$

- Determineu l'ordre de reacció de cada reactiu i la constant de velocitat de la reacció.
- Feu una representació gràfica aproximada que mostri l'energia en funció de la coordenada de reacció, suposant que la reacció d'oxidació del monòxid de nitrogen es produeix en una sola etapa, i assenyalau-hi l'energia d'activació i la variació d'entalpia de la reacció. Si hi afegim un catalitzador per accelerar la reacció, modificariem el valor de l'energia d'activació? I el valor de la variació d'entalpia de la reacció? Justifiqueu les respostes.

13.- 16-S1-6 La reacció ajustada de l'ozó amb el monòxid de nitrogen és la següent:

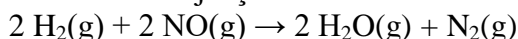


Hem dut a terme diferents experiments per a determinar la velocitat inicial de reacció a diferents concentracions i hem obtingut els resultats següents:

Experiment	$[\text{O}_3] (\text{mol L}^{-1})$	$[\text{NO}] (\text{mol L}^{-1})$	Velocitat ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	0,020	0,025	42,0
2	0,015	0,010	12,6
3	0,015	0,030	37,8
4	0,010	0,050	42,0

- Calculeu l'ordre de reacció respecte del NO i respecte del O₃.
- Determineu l'ordre total i la constant de velocitat de la reacció. Com varia l'energia d'activació quan s'afegeix un catalitzador al reactor i quina influència té això sobre la velocitat de reacció?

14.- 16-S3-7 L'única manera de determinar l'equació de velocitat d'una reacció és fent experiments per a mesurar l'efecte que produeix la variació de concentració dels reactius sobre la velocitat. A continuació, podeu veure una reacció i els resultats obtinguts, a una temperatura determinada, quan n'estudiem la cinètica mitjançant el mètode de les velocitats inicials:

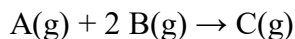


Experiment	$[\text{H}_2] (\text{mol L}^{-1})$	$[\text{NO}] (\text{mol L}^{-1})$	Velocitat ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	$2,0 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-6}$
2	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,25 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-6}$
3	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,50 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-6}$

- Calculeu l'ordre de reacció respecte de cada reactiu i l'ordre total.
- Determineu la constant de velocitat de la reacció. A partir de la teoria de les col·lisions, expliqueu dues maneres d'augmentar la velocitat d'aquesta reacció química.

15.- 16-S5-6 Conèixer la velocitat d'una reacció química i determinar de què depèn és molt útil quan es dissenya el procés de fabricació d'una substància nova. Els enginyers químics han de

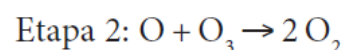
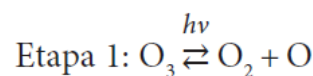
cercar, en cada cas, com es pot millorar el rendiment d'una reacció, però també com es pot accelerar la reacció. En un reactor, a volum constant i a la temperatura de 60 °C, s'ha fet un estudi de la cinètica de la reacció següent:



Les dades experimentals obtingudes demostren que la reacció és de primer ordre respecte de A i d'ordre zero respecte de B.

- Escriviu l'equació de velocitat de la reacció. Calculeu la constant de velocitat d'aquesta reacció a 60 °C si, per a una concentració inicial del reactiu A d' $1,6 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ i del reactiu B de $4,4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, la velocitat inicial de la reacció és $4,1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. La velocitat de la reacció es mantindrà, disminuirà o augmentarà quan hauran transcorregut uns quants minuts després de l'inici de la reacció? Justifiqueu la resposta.
- Què és un *catalitzador*? Expliqueu com actua un catalitzador en una reacció química a partir del model de l'estat de transició.

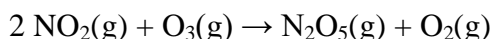
16.- 17-S1-3 L'ozó, una substància que actua com a filtre de les radiacions solars, es pot descompondre en oxigen a l'estratosfera mitjançant un procés exotèrmic que consta de les dues etapes elementals següents:



A 300 K de temperatura, les energies d'activació són $103,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ per a l'etapa 1 i $17,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ per a l'etapa 2.

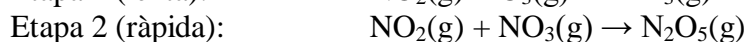
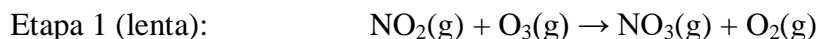
- Escriviu la reacció global del procés de descomposició de l'ozó. Feu una representació gràfica aproximada que mostri l'energia en funció de la coordenada de reacció, i assenyalau-hi les energies d'activació i la variació d'entalpia de la reacció.
- A partir del model de l'estat de transició (o complex activat), expliqueu el concepte *energia d'activació* i justifiqueu quina de les dues etapes de la descomposició de l'ozó és més lenta.

17.- 17-S2-4 El diòxid de nitrogen és un gas contaminant que es forma en les reaccions de combustió a alta temperatura. El diòxid de nitrogen reacciona amb l'ozó present a l'atmosfera segons la reacció química següent:



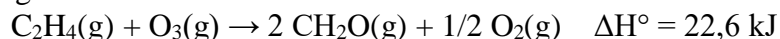
Diversos estudis experimentals han conclòs que, a una determinada temperatura, aquesta reacció segueix una cinètica de primer ordre respecte del diòxid de nitrogen i també de primer ordre respecte de l'ozó.

- Escriviu l'equació de velocitat de la reacció. Expliqueu raonadament en quines unitats s'expressen la velocitat de reacció i la constant de velocitat d'aquesta reacció.
- Per a aquesta reacció es proposa un mecanisme constituït per les dues etapes elementals següents:



Justifiqueu que aquest mecanisme concorda amb els estudis experimentals cinètics. A partir del model cinètic de col·lisions, expliqueu raonadament quina de les dues etapes tindrà una energia d'activació més alta i com influeix la temperatura en la velocitat de la reacció.

18.- 17-S5-6 El boirum fotoquímic (photochemical smog) és una mescla de fum i boira que produeix, entre altres efectes, irritació ocular. Un dels principals irritants oculars del boirum és el formaldehid (CH_2O), que es produeix per una reacció entre l'etilè (C_2H_4) i l'ozó (O_3), segons l'equació química següent:



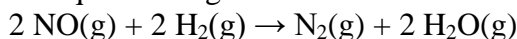
Hem fet diferents experiments, a 25 °C, per determinar la velocitat inicial de reacció a diferents concentracions i hem obtingut els resultats següents:

Experiment	$[\text{C}_2\text{H}_4] (\text{mol L}^{-1})$	$[\text{O}_3] (\text{mol L}^{-1})$	Velocitat ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$)
1	$0,5 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-12}$

2	$1,5 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$3,0 \times 10^{-12}$
3	$1,0 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$4,0 \times 10^{-12}$

- Determineu l'ordre de reacció de cada reactiu i l'ordre total.
- Calculeu la constant de velocitat de la reacció a 25 °C. Quina influència té un augment de la temperatura sobre la velocitat de reacció? Justifiqueu la resposta tenint en compte la teoria de les col·lisions.

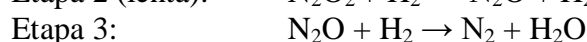
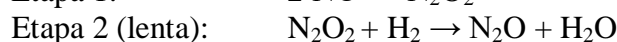
19.- 18-S3-3 Per a controlar les emissions d'òxids de nitrogen (NO_x) a l'atmosfera, les indústries han de modificar els processos de combustió o dur a terme un tractament dels efluents per a convertir aquests òxids en substàncies més innòcues. Per exemple, el monòxid de nitrogen es pot reduir a nitrogen segons la reacció química següent:



Hem fet diversos experiments per a estudiar la cinètica d'aquesta reacció a partir del mesurament experimental de la velocitat inicial de reacció, i hem obtingut els resultats següents:

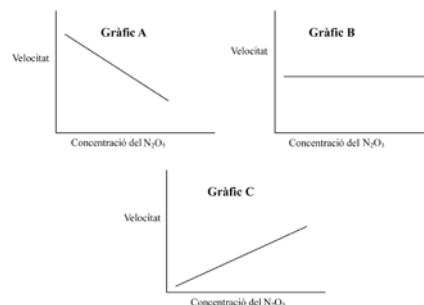
Experiment	Concentració inicial de NO (mol L^{-1})	Concentració inicial de H_2 (mol L^{-1})	Velocitat inicial ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	0,60	0,37	$3,0 \times 10^{-3}$
2	1,20	0,37	$1,2 \times 10^{-2}$
3	1,20	0,74	$2,4 \times 10^{-2}$

- Determineu l'ordre de reacció de cada reactiu. Escriviu l'equació de velocitat de la reacció i calculeu-ne la constant de velocitat.
- Proposem un mecanisme de reacció per a la reducció del monòxid de nitrogen constituït per les tres etapes elementals següents:



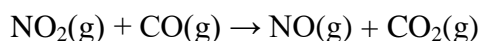
Expliqueu què s'entén per intermedi de reacció i per *estat de transició* (o *complex activat*). Digueu quants intermedis de reacció i quants estats de transició hi ha en el mecanisme de reacció proposat i justifiqueu les respostes.

20.- 18-S5-2 El pentaòxid de dinitrogen (N_2O_5) és un compost present a l'atmosfera; a diferència d'altres òxids de nitrogen, es descompon principalment durant la nit i produeix diòxid de nitrogen i oxigen. S'han dut a terme estudis experimentals de la cinètica d'aquesta reacció, a una temperatura determinada, que han demostrat que es tracta d'una reacció de primer ordre respecte del pentaòxid de dinitrogen.



- Definiu el terme *velocitat de reacció* i indiqueu amb quines unitats s'expressa. Escriviu l'equació de velocitat de la descomposició del pentaòxid de dinitrogen i raoneu quin dels gràfics següents (A, B o C) es correspon amb els estudis experimentals cinètics.
- A partir del model d'estat de transició (o complex activat), digueu com es veu afectada la velocitat de la reacció si hi afegim un catalitzador. A partir del model de col·lisions, digueu com varia la velocitat de la reacció si augmentem la temperatura. Justifiqueu les respostes.

21.- 19-S1-1 El diòxid de nitrogen i el monòxid de carboni reaccionen en fase gasosa segons l'equació següent:



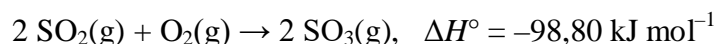
Per a poder predir el mecanisme d'aquesta reacció química a una determinada temperatura, cal conèixer prèviament quina és la seva equació de velocitat. En un estudi cinètic d'aquesta reacció efectuat en un reactor de 10 L, i mantenint la temperatura fixa a 325 °C, hem obtingut les dades experimentals següents:

Experiment	Massa inicial de $\text{NO}_2(\text{g})$	Massa inicial de $\text{CO}(\text{g})$	Velocitat inicial ($\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$)
1	23,00	56,00	$6,338 \times 10^{-4}$
2	69,00	56,00	$5,703 \times 10^{-3}$
3	69,00	28,00	$5,703 \times 10^{-3}$
4	69,00	14,00	$5,703 \times 10^{-3}$

- Determineu l'ordre de reacció respecte a cada reactiu i la constant de velocitat de la reacció a 325 °C. Escriviu l'equació de velocitat de la reacció a 325 °C.
- Què succeeix amb la velocitat de la reacció si augmentem la temperatura i mantenim constant el volum? I si augmentem el volum i mantenim constant la temperatura? Justifiqueu les respostes utilitzant el model cinètic de col·lisions.

Dades: Masses atòmiques relatives: C = 12,0; N = 14,0; O = 16,0.

22.- 19-S4-4 El diòxid de sofre s'origina per combustió de carbons o petroliis que contenen sofre com a impuresa. Aquest òxid es transforma en triòxid de sofre, i quan es barreja amb vapor d'aigua produeix àcid sulfúric, un dels components principals de la pluja àcida. Observeu la reacció següent:



A una temperatura determinada, aquesta reacció es pot donar directament en una sola etapa (mecanisme A) o bé, de manera molt més ràpida, en presència de monòxid de nitrogen (mecanisme B).

Mecanisme A Etapa única (molt lenta): $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g})$

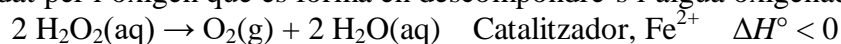
Mecanisme B

Etapa 1 (ràpida): $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g}), \quad \Delta H^\circ < 0$

Etapa 2 (lenta): $2 \text{NO}_2(\text{g}) + 2 \text{SO}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3(\text{g}) + 2 \text{NO}(\text{g}), \quad \Delta H^\circ < 0$

- Dibuixeu, de manera aproximada, un gràfic de l'energia respecte a la coordenada de reacció per al mecanisme A, i un altre gràfic per al mecanisme B. Indiqueu en els gràfics les energies d'activació, els estats de transició (complex activat) i la variació d'entalpia de la reacció global.
- Els estudis cinètics demostren que l'oxidació del diòxid de sofre a triòxid de sofre és una reacció d'ordre 1 respecte a l'oxigen, i d'ordre 2 respecte al diòxid de sofre. Escriviu l'equació de velocitat de la reacció i deduiu les unitats de la constant de velocitat. Expliqueu quina funció fa el monòxid de nitrogen en el mecanisme B.

23.- 20-S1-6 En moltes sèries policiaques hem vist que els detectius utilitzen un líquid que produeix luminescència quan s'aplica sobre els llocs on hi ha restes de sang. Aquest líquid és una solució de luminol amb peròxid d'hidrogen en medi bàsic. La reacció luminescent es produeix quan el luminol és oxidat per l'oxigen que es forma en descompondre's l'aigua oxigenada:



Un requisit imprescindible és la presència d'un catalitzador per a la reacció anterior. En la detecció de sang, el catalitzador és el ferro de l'hemoglobina present als glòbuls vermells.

- Per a la reacció de descomposició de l'aigua oxigenada:
 - Dibuixeu el diagrama energètic de la reacció catalitzada i de la no catalitzada.
 - Compareu la variació d'entalpia de la reacció catalitzada i de la no catalitzada.
 [1,25 punts]
- Tenint en compte el model de l'estat de transició:
 - Què és l'energia d'activació?
 - Compareu les energies d'activació de la reacció catalitzada i de la no catalitzada.
 - Com es modifica la velocitat de reacció si augmentem la temperatura?
 [1,25 punts]

Equilibri Químic

1.- 11-S1-1 Els òxids de nitrogen formen part de la pol·lució de les grans ciutats a causa de la combustió en els motors d'explosió. El $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ és incolor i el $\text{NO}_2(\text{g})$ és marró i més tòxic. En una experiència de laboratori s'introdueixen 184,0g de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ en un recipient de 4,00 L, i s'escalfen fins a 300 K per a provocar la dissociació del $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ en $\text{NO}_2(\text{g})$. Passat un cert temps, quan la mescla ha assolit l'equilibri, s'analitza el contingut del recipient i es troba que la quantitat de $\text{NO}_2(\text{g})$ és 36,8g.

- Determineu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció de dissociació del $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ a 300 K.
- Si l'aire de les grans ciutats a l'estiu, i en dies sense vent, és més marró que a l'hivern, justifiqueu si la reacció de dissociació del $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ és endotèrmica o exotèrmica.

DADES: Masses atòmiques relatives: N = 14,0 ; O = 16,0.

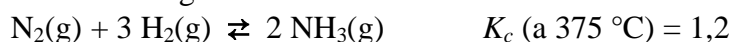
2.- 11-S2-2 L'àcid sulfúric és un dels compostos més fabricats del món. Actualment, la major part de la producció es fa servir per a elaborar fertilitzants, tot i que també s'utilitza en diversos processos metal·lúrgics o en les bateries dels automòbils. Una de les etapes en el procés d'obtenció de l'àcid sulfúric és la reacció d'oxidació del diòxid de sofre a triòxid de sofre. A partir de les dades de la taula següent, responeu a les qüestions i justifiqueu les respostes.

Variació de la constant d'equilibri amb la temperatura

Reacció: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$			
Temperatura (K)	500	700	1100
Constant d'equilibri en pressions (K_p)	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,0 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{-1}$

- Per a aconseguir que la reacció tingui un rendiment alt, convé treballar a temperatures altes o baixes?
- En quines condicions de pressió podem millorar el rendiment de la reacció?

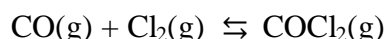
3.- 11-S4-1 Un dels problemes que van tenir els químics del segle passat fou la manera d'aconseguir algun compost de nitrogen a partir del nitrogen atmosfèric, ja que el nitrogen és un element imprescindible en la fabricació d'adobs i explosius. Va trobar-ne la resposta el químic alemany Fritz Haber, qui va dissenyar un procés per a obtenir amoníac a partir del nitrogen de l'aire, en què s'esdevé la reacció següent:



En un matràs de 3,0 L, a 375°C , introduïm 9,0 mol de nitrogen, 6,0 mol d'hidrogen i 12,0 mol d'amoníac.

- Justifiqueu per què el sistema no està en equilibri i expliqueu raonadament cap on es desplaçarà la reacció.
- Una vegada assolit l'equilibri, obtindrem més amoníac si disminuïm el volum del recipient? I si hi afegim un catalitzador? Justifiqueu les respostes.

4.- 12-S1-2 El fosgen és una substància emprada en la fabricació de polímers, com els policarbonats o els poliuretans, en metal·lúrgia, en la indústria farmacèutica i en la fabricació d'alguns insecticides. Es pot obtenir a partir de monòxid de carboni i de clor segons la reacció següent:



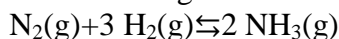
Introduïm una mescla de 2,0 mol de monòxid de carboni i 5,0 mol de clor en un reactor, i l'escalfem fins a 350 K. Quan s'assoleix l'equilibri, observem que al reactor hi ha una pressió de 17,44 bar i que hi queda 1,0 mol de monòxid de carboni, a més de clor i fosgen.

- Escriviu l'expressió de la constant d'equilibri en pressions (K_p) d'aquesta reacció, i determineu-ne el valor a 350 K.

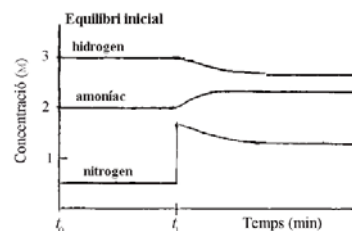
- b) Una vegada assolit l'equilibri, transvasem la mescla gasosa a un recipient de menys volum i hi mantenim la temperatura. Variarà la constant d'equilibri en pressions (K_p)? Augmentarà el nombre de mols de fosgen? Justifiqueu les respostes.

DADES: Constant dels gasos ideals: $R = 8,31 \times 10^{-2} \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

5.- 12-S4-6 L'amoníac i les solucions aquoses d'aquest gas fan una olor irritant i molt característica que es nota, per exemple, en els productes emprats per a netejar vidres. La indústria fabrica cada dia milers de tones d'amoníac mitjançant la reacció següent entre el nitrogen i l'hidrogen:

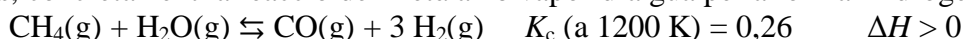


Hem realitzat al laboratori un experiment en el qual tenim inicialment, t_0 , els tres compostos en equilibri en el reactor. A temps t_1 hem introduït nitrogen al reactor i, mitjançant un conjunt de sensors que hi estan connectats, hem obtingut el gràfic següent, treballant sempre a una temperatura determinada:



- Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció d'obtenció d'amoníac, a la temperatura a què s'ha efectuat l'estudi.
- Expliqueu raonadament la modificació de la concentració de cadascun dels tres compostos després de la introducció de nitrogen al reactor.

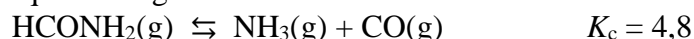
6.- 13-S1-6 Un químic d'una empresa del sector energètic estudia la conversió del metà en altres combustibles, concretament la reacció del metà amb vapor d'aigua per a formar hidrogen:



El químic està interessat a optimitzar la concentració d'hidrogen quan s'assoleix l'estat d'equilibri. Inicialment injecta de manera simultània 0,80 mol de cada gas (CH_4 , H_2O , CO i H_2) en un reactor de 2,0 L que es manté a 1200 K.

- Justifiqueu, mitjançant els càlculs necessaris, en quina direcció avançarà la reacció per assolir l'equilibri.
- Un cop assolit l'equilibri, i per a millorar el rendiment de la reacció, l'investigador pot modificar el volum o la temperatura del reactor. Li convé augmentar o disminuir el volum? Li convé augmentar o disminuir la temperatura? Expliqueu raonadament les respostes.

7.- 13-S3-2 La formamida, HCONH_2 , és un compost orgànic de gran importància en l'obtenció de fàrmacs i fertilitzants. A altes temperatures, la formamida es dissocia en amoníac i monòxid de carboni, d'acord amb l'equilibri següent:

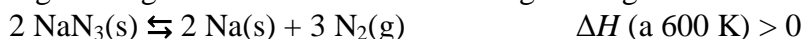


En un recipient industrial de 200 L, en el qual prèviament s'ha fet el buit i s'ha mantingut una temperatura de 400 K, s'afegeix formamida fins que la pressió inicial a l'interior és d'1,64 atm.

- Calculeu la concentració de formamida que conté el recipient una vegada s'ha assolit l'equilibri, expressada en mol L^{-1} .
- Expliqueu raonadament com variarà la concentració de formamida si a la mescla en equilibri s'hi afegeix una mica d'amoníac. I si augmentem el volum del recipient?

Dades: Constant dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

8.- 14-S3-6 El mecanisme d'inflament d'un coixí de seguretat (o *airbag*) d'automòbil es basa en la descomposició de l'azida de sodi (NaN_3) que, en menys de 50 mil·lisegons, allibera una gran quantitat de nitrogen gasós segons la reacció en fase heterogènia següent:

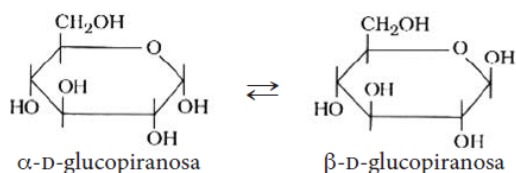


En un reactor d'1,0 L de capacitat s'introdueixen 71,5 g d'azida de sodi i s'escalfa a 600 K per a provocar-ne la descomposició. Quan s'assoleix l'equilibri trobem en el reactor 6,5 g d'azida de sodi sense reaccionar.

- Determineu la constant d'equilibri en concentracions, K_c , de la reacció de descomposició de l'azida de sodi a 600 K.
- Com influirà en la quantitat d'azida de sodi descomposta un augment de la temperatura si mantenim constant el volum del recipient? I un augment del volum si mantenim constant la temperatura? Argumenteu les respostes.

DADES: Masses atòmiques relatives: N = 14,0; Na = 23,0

9.- 14-S4-5 La molècula d' α -D-glucopiranososa es transforma en el seu isòmer β -D-glucopiranososa, en dissolució aquosa i a 20 °C. Aquest procés es coneix amb el nom de *mutarotació*:



$$\Delta H^\circ \text{ (a } 20^\circ \text{C)} = -1,46 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- Una solució conté en equilibri un 34 % en massa d' α -D-glucopiranososa i un 66 % en massa de β -D-glucopiranososa, a 20 °C. Quin valor té la constant d'equilibri en concentracions, K_c , de la reacció de mutarotació de l' α -D -glucopiranososa a 20 °C?
- La mutarotació de l' α -D-glucopiranososa a 20 °C segueix una cinètica de primer ordre amb una constant de velocitat de $5,27 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Dibuixeu, de manera aproximada, el perfil d'aquesta reacció en un diagrama de l'energia en funció de la coordenada de la reacció, suposant que la reacció es duu a terme en una única etapa, i indiqueu on es troba la magnitud de l'energia d'activació. Quan la reacció es produeix en un medi fortament àcid, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ M}$, la constant de velocitat té un valor de $14,0 \text{ s}^{-1}$. Expliqueu raonadament a què es deu aquest canvi.

DADES: La massa molecular relativa tant del compost α -D-glucopiranososa com del compost β -D-glucopiranososa és 180.

10.- 14-S5-1 El iodur d'hidrogen gasós és un compost molt utilitzat en química perquè és una de les principals fonts de iode. En una indústria química hem introduït 7,78 mols de $\text{H}_2(\text{g})$ i 5,40 mols de $\text{I}_2(\text{g})$ en un reactor de 10,0 L, i ho escalfem a 445 °C; quan la mescla assoleix l'equilibri comprovem que hem obtingut 9,34 mols de iodur d'hidrogen gasós.

- Escriviu la reacció de síntesi del iodur d'hidrogen a partir d'hidrogen i iode. Calculeu la constant d'equilibri en concentracions, K_c , d'aquesta reacció a 445 °C.
- Quin efecte tindrà l'addició de més iode o d'un catalitzador en la constant d'equilibri en concentracions, K_c ? Quin efecte tindrà l'addició de més iode o d'un catalitzador en el rendiment de la reacció? Argumenteu les respostes, suposant que sempre mantenim la temperatura a 445 °C.

11.- 15-S2-1 El diòxid de nitrogen és un gas contaminant de les zones urbanes que es forma com a subproducte en els processos de combustió a temperatures elevades. En un reactor tancat de 5,0 L de capacitat escalfem una mostra de diòxid de nitrogen fins a una temperatura constant de 327 °C i es produeix la reacció següent:



Un cop arribem a l'equilibri, analitzem la mescla gasosa i trobem que conté 3,45 g de NO_2 , 0,60 g de NO i 0,32 g de O_2 .

- Calculeu la constant d'equilibri en concentracions, K_c , i la constant d'equilibri en pressions, K_p , de la reacció anterior a 327 °C.
- Aconseguiríem produir més monòxid de nitrogen si afegim un catalitzador a la mescla gasosa en equilibri? I si augmentem el volum del recipient? Expliqueu raonadament les respostes.

DADES: Masses atòmiques relatives: N = 14,0; O = 16,0 ; Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

12.- 15-S4-4 El monòxid de nitrogen és el producte de la reacció entre el nitrogen i l'oxigen atmosfèrics que té lloc als cotxes, ateses les temperatures elevades que s'hi assoleixen. Aquest òxid s'allibera a l'atmosfera i ràpidament s'oxida a diòxid de nitrogen, segons el procés següent:



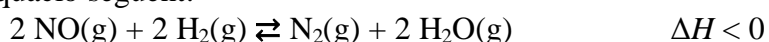
- Fem un experiment en un recipient tancat, a volum constant i a la temperatura de 430°C , introduint NO , O_2 i NO_2 fins que la pressió parcial de cada gas és $2,1 \times 10^{-3}$ bar, $1,1 \times 10^{-2}$ bar i $1,4 \times 10^{-1}$ bar, respectivament. Justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, per què la reacció química no està en equilibri. La pressió parcial del NO_2 serà més alta o més baixa quan la reacció assoleixi l'equilibri? Justifiqueu la resposta.
- Determinem la constant d'equilibri en pressions, K_p , de la reacció anterior per a diferents temperatures i obtenim les dades següents:

Temperatura (K)	600	700	800	900	1 000
Constant d'equilibri (K_p)	138	5,12	0,436	0,0626	0,0130

La reacció d'oxidació del NO a NO_2 és exotèrmica o endotèrmica? Per a afavorir l'oxidació del NO a NO_2 , a una temperatura determinada, és preferible fer l'experiment en un reactor tancat de 10 L o de 100 L? Justifiqueu les respostes.

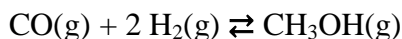
DADA: Suposeu que 1 bar de pressió és aproximadament igual a 1 atm.

13.- 15-S5-6 El monòxid de nitrogen és un contaminant que es genera, a vegades, com a subproducte en un reactor químic. Una manera d'eliminar-lo consisteix a fer-lo reaccionar amb hidrogen segons l'equació següent:



- Introduïm 1,0 mol de monòxid de nitrogen i 1,0 mol d'hidrogen en un recipient de 10 L i l'escalfem fins a una temperatura de 800 K. Quan la reacció assoleix l'equilibri, comprovem que la mescla conté 0,3 mol de nitrogen, a més de monòxid de nitrogen, hidrogen i aigua. Calculeu les concentracions dels quatre gasos en l'equilibri i la constant d'equilibri en concentracions, K_c , a 800 K.
- L'objectiu d'una empresa química és eliminar el monòxid de nitrogen produït en un reactor mitjançant la reacció descrita amb hidrogen. És millor que faci aquesta reacció a temperatura alta o baixa? És millor que la faci a pressió alta o baixa? Justifiqueu les respostes.

14.- 16-S1-2 El metanol és l'alcohol de cadena més curta que podem formular. En la indústria química, la síntesi del metanol es produeix per hidrogenació del monòxid de carboni, segons la reacció en fase gasosa següent:

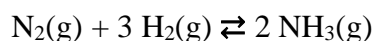


A 673 K, els gasos de la reacció estan en equilibri i tenen les pressions parcials següents: 0,27 atm per al monòxid de carboni i 0,20 atm per al metanol. Sabem que la pressió total és d'1,00 atm.

- Calculeu la constant d'equilibri en pressions (K_p) i la constant d'equilibri en concentracions (K_c) a 673 K.
- Volem augmentar la producció de metanol. Ho aconseguirem si afegim un catalitzador a la mescla gasosa en equilibri? I si augmentem la pressió total? Justifiqueu les respostes.

DADA: Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

15.- 16-S3-6 La síntesi de l'amoniac es produeix per reacció entre el nitrogen i l'hidrogen, segons l'equació química següent:



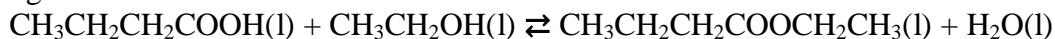
Introduïm 1,0 mol de nitrogen i 3,0 mol d'hidrogen en un reactor tancat d'1,3 L. Quan escalfem la mescla gasosa a 528 K, observem que la pressió en l'equilibri és de 80,0 atm. Calculeu, a 528 K:

- El percentatge de nitrogen que ha reaccionat un cop s'ha assolit l'equilibri.

- b) La constant d'equilibri en concentracions K_c .

DADA Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

16.- 16-S5-3 Molts èsters tenen una aroma característica i, per aquesta raó, es fan servir freqüentment com a aromatitzants artificials i additius alimentaris. Un d'aquests èsters és el butanoat d'etil, anomenat habitualment *butirat d'etil*, que té una aroma semblant a la de la pinya tropical. El podem obtenir per reacció entre l'àcid butanoic i l'etanol, d'acord amb l'equació química següent:



La constant d'equilibri, K_c , d'aquesta reacció té un valor de 4,0 a la temperatura de 50 °C. Un recipient conté una mescla formada per 0,40 mol d'àcid butanoic, 0,40 mol d'etanol, 0,50 mol de butanoat d'etil i 0,50 mol d'aigua.

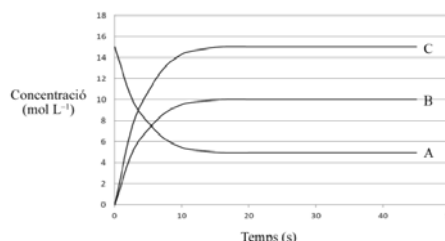
- Justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, per què aquesta mescla no està en equilibri a 50 °C. Quines seran les quantitats (en mols) de cada compost quan la mescla assoleixi l'equilibri?
- Volem millorar el rendiment de la reacció d'obtenció de l'èster i ens proposen aplicar alguna de les tres estratègies següents: augmentar la pressió, afegir-hi una substància higroscòpica o afegir-hi més quantitat d'alcohol. Expliqueu raonadament si amb cadascuna de les estratègies aconseguirem l'objectiu que ens proposem o no.

NOTA: Les substàncies higroscòpiques són substàncies que absorbeixen aigua, tant en forma de vapor com en forma líquida, de l'ambient que les envolta.

17.- 17-S1-4 Experimentalment, hem dut a terme el seguiment de la reacció en fase gasosa següent, en un recipient tancat i a una temperatura de 300 K:



En el gràfic següent podem veure els canvis de concentració de les tres substàncies gasoses A, B i C, en funció del temps.

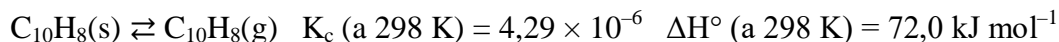


- Justifiqueu quines seran les concentracions de les substàncies A, B i C en l'equilibri, i calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) i la constant d'equilibri en pressions (K_p) d'aquesta reacció a 300 K.
- Tenim les substàncies A, B i C en equilibri a 300 K.

Com es modificaran la constant d'equilibri en concentracions i la massa de la substància A si augmentem el volum del recipient però mantenim la temperatura? Raoneu les respostes.

Dada: Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

18.- 17-S2-6 El naftalè sòlid, $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{(s)}$, se sublima en condicions ambientals de pressió i temperatura, i per això es pot utilitzar per a fumigar espais tancats. El procés de sublimació és el següent:

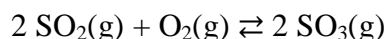


- Introduïm 0,64 g de naftalè en un recipient tancat de 20,0 L, a una temperatura de 298 K. Escriviu l'expressió de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de l'equilibri heterogeni del procés de sublimació del naftalè, i calculeu quin percentatge en massa del naftalè s'haurà sublimat quan s'arribi a l'equilibri.
- De quin signe és la variació d'entropia estàndard (ΔS°) del procés de sublimació del naftalè? Quin efecte té la temperatura en l'espontaneïtat d'aquest procés? Justifiqueu les respostes.



Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0.

19.- 17-S5-5 Quan es produeix la pluja àcida, un dels passos intermedis de formació d'àcid sulfúric a l'atmosfera és la reacció entre el diòxid de sofre i l'oxigen, que genera triòxid de sofre. La reacció ajustada és la següent:



La reacció és exotèrmica i la constant d'equilibri en pressions a 500 K és $K_p = 2,5 \times 10^{10}$.

- Un recipient tancat de 10 L a 500 K conté 2,0 mol de diòxid de sofre, 1,0 mol d'oxigen i 2,0 mol de triòxid de sofre. Expliqueu justificadament si la mescla gasosa es troba en equilibri i com evolucionarà amb el temps.
- Quins efectes tindrà una disminució de la temperatura en l'equilibri i en la constant d'equilibri K_p ? I una disminució de la pressió total?

Dada: Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

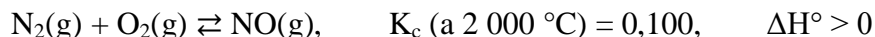
20.- 18-S1-5 El fosgen (COCl_2) és una substància emprada en la fabricació de polímers com els policarbonats o els poliuretans. Aquest compost es pot dissociar segons l'equació següent:



Introduïm una quantitat determinada de fosgen en un recipient i l'escalfem fins que arriba a 523 K. Una vegada s'ha assolit l'equilibri, la pressió total en el recipient és de 2,00 bar i la pressió parcial del monòxid de carboni, igual que la del clor, és de 0,017 bar.

- Calculeu la constant d'equilibri en pressions de la reacció de dissociació del fosgen a 523 K. Indiqueu si la constant d'equilibri en concentracions i la constant d'equilibri en pressions d'aquesta reacció tenen el mateix valor a 523 K i justifiqueu la resposta.
- Mantenint sempre la temperatura a 523 K, com es pot veure afectada la dissociació del fosgen si, quan s'ha arribat a l'equilibri, provoquem una disminució del volum del recipient? I si hi afegim un catalitzador? Es modificarà en algun dels dos casos la constant d'equilibri en pressions? Justifiqueu les respostes.

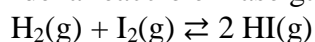
21.- 18-S3-1 El monòxid de nitrogen és un contaminant atmosfèric que s'origina en el motor d'explosió dels automòbils. L'aire entra en el cilindre del motor per a proporcionar l'oxigen necessari per a la combustió de la gasolina, però com que l'aire conté nitrogen s'estableix l'equilibri següent:



- Per reproduir les condicions del cilindre d'un motor, introduïm 2,24 g de nitrogen i 0,64 g d'oxigen en un recipient amb una capacitat de 2,4 L i l'escalfem a 2000°C , que és la temperatura que pot assolir la cambra de combustió del motor d'un automòbil. Calculeu la massa de monòxid de nitrogen que es formarà.
- Per a millorar el rendiment de la combustió dels motors, els fabricants poden augmentar la pressió o la temperatura dels cilindres. Expliqueu com es veu afectada la formació del monòxid de nitrogen per l'augment de la pressió, d'una banda, i per l'augment de la temperatura, de l'altra.

Dades: Masses atòmiques relatives: $N = 14,0$; $O = 16,0$.

22.- 18-S5-4 El iodur d'hidrogen és un gas incolor que s'utilitza en la indústria com a agent reductor i que es pot sintetitzar a partir de la reacció en fase gasosa següent:



Experimentalment, hem obtingut els valors següents de la constant d'equilibri en pressions (K_p) de la reacció de síntesi del iodur d'hidrogen, a diferents temperatures:

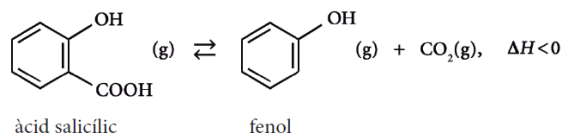
Temperatura (en K)	613	633	653	673	693	713	733	753
Constant d'equilibri en pressions (K_p)	70,8	66,0	61,9	57,7	53,7	50,5	46,8	43,8

- Introduïm 1,0 mol d'hidrogen, 1,0 mol de iode i 2,0 mol de iodur d'hidrogen en un reactor de 50,0 L que està a 673 K. Raoneu si la reacció es troba en equilibri i com evolucionarà amb el temps.
- La reacció d'obtenció de iodur d'hidrogen és exotèrmica o endotèrmica? Quin efecte tindrà un augment de la pressió en el rendiment de la reacció? Justifiqueu les respostes.

Dada: Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

23.- 19-S5-5 L'àcid salicílic és un additiu important que és present en molts productes emprats en medicina. A una temperatura de 473 K, aquest àcid es descompon i produeix fenol i diòxid de carboni, segons l'equació química següent:

En el curs d'un experiment, introduïm 0,345 g d'àcid salicílic en un recipient de 50 mL i l'escalfem a 473 K. Quan la mescla assoleix l'equilibri, la refredem i, a continuació, recollim i mesurem el

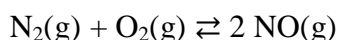


CO_2 gasós obtingut; aquest gas ocupa un volum de 48,9 mL, mesurat a 1,0 atm i a 298 K.

- Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció de descomposició de l'àcid salicílic a 473 K.
- Es descompondria més o menys quantitat d'àcid salicílic si féssim el mateix experiment en un recipient de 100 mL, mantenint la temperatura a 473 K? I si féssim el mateix experiment a 550 K, mantenint el volum del recipient en 50 mL? Justifiqueu les respostes.

Dades: Massa molecular de l'àcid salicílic = 138,12 g mol^{-1} . $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

24.- 20-S1-5 L'equació ajustada de formació del monòxid de nitrogen a partir dels seus elements és la següent:

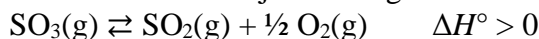


La constant d'equilibri K_c de la reacció ajustada per a formar 2 mols de NO a una temperatura de 2000 K és $4,0 \times 10^4$.

- Indiqueu la relació entre la K_p i la K_c . Calculeu K_p . [1,25 punts]
- Determineu les pressions parcials del nitrogen i l'oxigen a l'equilibri, sabent que la pressió del NO en l'equilibri és 0,2 atm i que la pressió del nitrogen en l'equilibri és igual a la de l'oxigen. Si volem afavorir la formació de monòxid, justifiqueu quina variació de pressió cal aplicar a la reacció. [1,25 punts]

Dades: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

25.- 20-S3-3 Actualment s'estudia la utilització del SO_3 per a emmagatzemar energia solar. Quan l'energia solar incideix sobre el SO_3 situat dins d'un recipient tancat a alta temperatura, es dissocia i produeix $\text{SO}_2(\text{g})$ i $\text{O}_2(\text{g})$ d'acord amb la reacció ajustada següent:



- Introduïm una certa quantitat de SO_3 en un recipient de 0,8 L. Una vegada assolit l'equilibri, hi ha 2 mols d'oxigen. La K_c de la reacció ajustada és 0,47 a la temperatura de l'experiment. Calculeu la concentració de totes les espècies presents en l'equilibri. [1,25 punts]
- Expliqueu en quines condicions de pressió i temperatura hauríem de treballar per a mantenir el SO_3 dissociat i així emmagatzemar l'energia solar. [1,25 punts]

26.- 20-S4-5 A moltes ciutats, a primera hora del matí es produeix una emissió massiva d'hidrocarburs i monòxid de nitrogen a conseqüència del trànsit. El monòxid de nitrogen, en reaccionar amb l'oxigen de l'aire, forma diòxid de nitrogen, un contaminant molt tòxic responsable de l'anomenada *boira fotoquímica*:



Basant-nos en els llistats de referència de l'Organització Mundial de la Salut, l'estat de la qualitat de l'aire a Barcelona (EQAB) es classifica en funció de la concentració de diòxid de nitrogen que conté:

EQAB	Concentració de NO_2 ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	EQAB	Concentració de NO_2 ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)
Bo	0-40	Dolent	160-200
Moderat	40-140	Molt dolent	> 200
Regular	140-160		

Font: <https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/ca>.

- En un dia i una hora determinats, i a la temperatura de 20°C , l'aire de Barcelona conté en equilibri $8,31 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'oxigen i $4,20 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de monòxid de nitrogen. Determineu quin seria l'estat de la qualitat de l'aire a Barcelona (EQAB) segons aquestes dades. [1,25 punts]
- Quan és previsible que hi hagi més boira fotoquímica en una ciutat, en dies molt calorosos o molt freds? En dies d'alta pressió o de baixa pressió? Raoneu les respostes. [1,25 punts]

Dades: Masses atòmiques relatives: N = 14,0; O = 16,0. $1 \text{ g} = 10^6 \mu\text{g}$.

Equilibri Iònic

Preparació de solucions, Valoració Àcid-Base

1.- 11-S1-2 L'acidesa del vinagre prové del contingut que té en àcid etanoic, habitualment anomenat àcid acètic, la concentració del qual es pot determinar mitjançant una valoració amb hidròxid de sodi.

- Escriviu l'equació de la reacció de valoració. Calculeu la concentració d'àcid acètic en el vinagre, expressada en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, tenint en compte que en la valoració de 10,00 mL d'un vinagre comercial calen 22,50 mL d'una solució d'hidròxid de sodi 0,4120 M per a arribar al punt final.
- Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a dur a terme aquesta valoració, i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.

2.- 13-S3-3 Un dels problemes principals de les cafeteres són els dipòsit de calç que s'hi generen perquè les espatllen i alteren el gust del cafè. Per aquest motiu és convenient descalcificar-les periòdicament i es recomana utilitzar descalcificadors a base d'àcid làctic, el qual, a més de ser eficaç contra la calç, és biodegradable i no corrosiu per a les peces metàl·liques de la cafetera. L'etiqueta de l'ampolla d'un descalcificador comercial líquid diu que conté un 45 % en massa d'àcid làctic. Per a determinar la concentració exacta d'aquest àcid es vol fer una volumetria àcid-base al laboratori.



- Atès que el descalcificador comercial és massa concentrat per a valorar-lo directament, decidim diluir-lo deu vegades amb aigua destil·lada, de manera que la concentració d'àcid làctic en la solució diluïda serà del 4,5 % en massa. Per fer-ho, disposem dels lots de material de vidre següents:

Lot A	pipeta aforada de 5 mL proveta de 50 mL
Lot B	pipeta aforada de 10 mL matràs aforat de 1 000 mL
Lot C	pipeta aforada de 10 mL matràs aforat de 100 mL
Lot D	proveta de 10 mL matràs aforat de 100 mL

Expliqueu raonadament quin dels quatre lots permetrà fer la dilució amb més precisió, i justifiqueu l'eliminació dels altres tres.

- Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per dur a terme la valoració de 5,00 mL de la solució diluïda del descalcificador amb una solució de NaOH 0,200 M, i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.

DADES: Fórmula química de l'àcid làctic: $\text{CH}_3\text{—CHOH—COOH}$

3.- 13-S4-4 El sulfumant és un producte comercial que conté HCl i que s'utilitza per a la neteja i desinfecció de vàters. Per a determinar el contingut de HCl d'un sulfumant comercial es pot dur a terme una valoració àcid-base emprant hidròxid de sodi com a reactiu valorant.



- Disposem d'una solució d'hidròxid de sodi 2,000 M. Quin volum d'aquesta solució ens cal per a preparar 250,0 mL d'una solució d'hidròxid de sodi 0,400 M? Indiqueu el material necessari per a preparar aquesta solució al laboratori.
- Expliqueu el procediment experimental per a dur a terme la valoració de 5,0 mL de la mostra de sulfumant amb la solució d'hidròxid de sodi 0,400 M, i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.

4.- 14-S3-5 L'àcid tartàric, $\text{HOOC—CHOH—CHOH—COOH}$, és un àcid orgànic dipròtic ja que té en la fórmula química dos grups carboxílics (—COOH). En la indústria alimentària s'utilitza com a acidificant i conservant natural, i les begudes refrescants de fruites en contenen. En un laboratori d'anàlisi hem valorat 25,0 mL d'una beguda refrescant que conté àcid tartàric amb hidròxid de sodi 0,150 M i hem necessitat 18,6 mL d'aquesta base perquè reaccionin els dos grups carboxílics.

- La recomanació legal és que la concentració d'àcid tartàric en les begudes no superi el valor de 9,0 g/L. La beguda refrescant analitzada està dins del marc legal?
- Detalleu el material necessari i el procediment experimental per a dur a terme aquesta valoració al laboratori.

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0

5.- 15-S5-1 Amb el pas del temps, les canonades poden tenir problemes d'obturació a causa de residus que hi poden quedar adherits. Al mercat trobem diferents desembussadors comercials líquids, alguns dels quals són a base de NaOH. Per a determinar la concentració d'aquest compost en el producte comercial podem efectuar una valoració àcid-base emprant com a valorant una solució d'àcid clorhídric de concentració coneguda.



- Valorem 5,0 mL d'un desembussador comercial líquid que conté NaOH amb una solució d'àcid clorhídric 0,902 M i calen 41,5 mL d'aquesta solució àcida per a arribar al punt final. Escriviu la reacció de valoració i calculeu la concentració de NaOH que conté el desembussador comercial líquid, expressada en g L^{-1} .
- Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a dur a terme aquesta valoració i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; O = 16,0; Na = 23,0.

6.- 16-S1-1 El vinagre és una dissolució aquosa d'àcid acètic (CH_3COOH) en què hi ha com a mínim 5,0 g d'àcid per cada 100 mL de vinagre. L'Oficina del Consumidor decideix analitzar un vinagre determinat per veure si compleix les especificacions requerides.

- Prenem una mostra de 10 mL de vinagre i la valorem amb una dissolució aquosa d'hidròxid de sodi (NaOH) 1,0 M. El punt final s'aconsegueix amb 9,2 mL de dissolució bàsica. Digueu, fent els càlculs pertinents, si aquest vinagre compleix les normes vigents. La dissolució resultant de l'operació anterior és àcida, bàsica o neutra? Justifiqueu la resposta qualitativament.
- Expliqueu quin procediment seguiríeu al laboratori i quin material utilitzaríeu per a dur a terme la valoració.

DADES: Masses atòmiques relatives: C = 12; H = 1; O = 16.

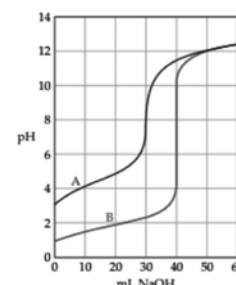
7.- 17-S5-3 El clorur d'amoni (NH_4Cl) és una sal de color blanc que té un efecte expectorant. També té aplicacions com a diürètic i com a agent acidulant.

- Determineu el pH a 25 °C d'un medicament que es prepara dissolent 1,50 g de clorur d'amoni en 100 mL de solució.
- Expliqueu com preparariu al laboratori el medicament de l'apartat anterior. Indiqueu les operacions que faríeu i el nom de tot el material de laboratori que utilitzaríeu.

Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; N = 14,0; Cl = 35,5.

Constant de basicitat de l'amoniac (NH_3) a 25 °C: $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$. $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

8.- 18-S1-1 La figura mostra les corbes obtingudes en la valoració de l'àcid acètic —anomenat també *àcid etanoic*— (corba A) i de l'àcid clorhídric (corba B) amb hidròxid de sodi (NaOH).



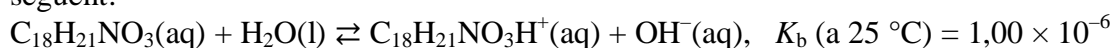
- Escriviu les reaccions de valoració dels dos àcids. Indiqueu raonadament si el pH en el punt d'equivalència de cadascuna de les dues valoracions és àcid, neutre o bàsic.
- Indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu al laboratori per a valorar 25,0 mL d'una solució d'àcid clorhídric de concentració desconeguda amb una solució d'hidròxid de sodi 0,080 M. Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu.

9.- 19-S1-4 El sulfumant (solució aquosa d'àcid clorhídric, HCl) i l'amoniac són algunes de les substàncies que es fan servir habitualment en la neteja de la llar: la primera perquè actua com a desinfectant i bactericida i la segona perquè elimina bé els greixos.

- Calculeu el pH, a 25 °C, d'una solució aquosa d'amoniac 0,20 M.
- Escriviu la reacció que es produeix en barrejar una solució aquosa d'amoniac amb sulfumant. (**Aquest apartat és de termodinàmica**) Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per determinar l'entalpia d'aquesta reacció i indiqueu el material que utilitzaríeu.

Dades: Constant de basicitat de l'amoniac a 25 °C: $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$. Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

10.- 19-S4-3 La codeïna ($\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{NO}_3$) s'obté a partir de l'opi i s'utilitza per a combatre la tos i el dolor; també es fa servir, combinada amb altres analgèsics, per a incrementar l'efecte d'aquests fàrmacs. És un compost amb propietats bàsiques i en solució aquosa reacciona de la manera següent:

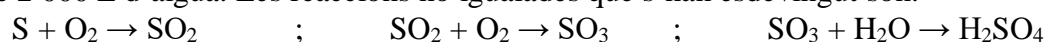


- Quan dissolem un fàrmac amb una mica d'aigua obtenim una solució aquosa de codeïna 0,020 m. Calculeu el pH d'aquesta solució a 25 °C.
- Valorem un xarop incolor que conté codeïna amb una solució d'àcid clorhídric. Indiqueu, raonadament, si el pH en el punt d'equivalència és àcid, neutre o bàsic. Digueu quins dels indicadors següents podríem utilitzar per a detectar el punt final d'aquesta valoració i justifiqueu les respostes.

Indicadors àcid-base	
Nom	Interval de viratge (pH)
vermell de metil	4,8-6,0
fenolftaleïna	8,0-9,6
groc d'alitzarina	10,1-12,0

Dada: Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$.

11.- 20-S3-4 Una central tèrmica ha cremat l'equivalent a 400 g de sofre i ha provocat un episodi de pluja àcida. Es calcula que el 25 % de l'àcid sulfúric produït ha caigut dins d'un dipòsit proper que conté 2 000 L d'aigua. Les reaccions no igualades que s'han esdevingut són:



- Ajusteu les reaccions. Calculeu la concentració d'àcid sulfúric en el dipòsit en unitats de $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ i $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. [1,25 punts]
- Feu els càlculs corresponents i expliqueu el procediment experimental que seguiríeu al laboratori per a preparar 250 mL de dissolució d'àcid sulfúric de concentració $80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ a partir d'àcid sulfúric concentrat. Indiqueu el material de laboratori necessari. [1,25 punts]

Dades: Masses atòmiques relatives: $\text{H} = 1,0$; $\text{O} = 16,0$; $\text{S} = 32,1$. Densitat de l'àcid sulfúric concentrat: $1,84 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. Concentració de l'àcid sulfúric concentrat: 96 % en pes.

12.- 20-S4-3 L'àcid làctic ($\text{CH}_3\text{—CHOH—COOH}$) és un compost orgànic sòlid i de color blanc que s'obté per síntesi química o per fermentació microbiana de diferents carbohidrats. En solució aquosa actua com un àcid monopròtic feble perquè la seva molècula conté un únic grup funcional carboxílic (—COOH).

- Calculeu el pH, a 25°C , d'una solució aquosa d'àcid làctic $0,50 \text{ m}$. [1,25 punts]
- Al laboratori tenim una altra solució aquosa d'àcid làctic de concentració desconeguda. Per determinar-ne la concentració, en valorem $25,0 \text{ mL}$ emprant una solució aquosa d'una base forta de concentració coneguda que ja tenim preparada. Indiqueu quins dels reactius i materials de la llista següent necessitem per a realitzar aquesta valoració al laboratori i expliqueu quina és la seva funció en la valoració:

— HCl(aq) de concentració coneguda	— pila
— NaOH(aq) de concentració coneguda	— pipeta
— fenolftaleïna	— calorímetre
— pont salí	— balança
— matràs aforat	— matràs d'Erlenmeyer
— bureta	— voltímetre

Dada: Constant d'acidesa de l'àcid làctic a 25°C : $K_a = 1,41 \times 10^{-4}$.

Àcid-Base

1.- 11-S2-7 Hi ha una gran varietat de productes comercials per a netejar i desinfectar les instal·lacions de munyir bestiar. Fins i tot es pot utilitzar, amb aquesta finalitat, una solució aquosa d'hidròxid de sodi preparada amb la dissolució de $28,8 \text{ g}$ d'aquest hidròxid en aigua destil·lada, fins a obtenir 10 L de solució.

- Calculeu el pH d'aquesta solució de neteja d'hidròxid de sodi, a 25°C .
- Es valora la solució de neteja d'hidròxid de sodi amb una solució aquosa de HCl , utilitzant un sensor de pH. Escriviu la reacció de valoració, feu un dibuix aproximat de la corba de valoració i indiqueu on es troba el punt d'equivalència. Justifiqueu quin és el pH en aquest punt d'equivalència.

DADES: Masses atòmiques relatives: $\text{Na}=23,0$; $\text{O}=16,0$; $\text{H}=1,0$. Constant d'ionització de l'aigua (K_w) a $25^\circ\text{C} = 1,0 \times 10^{-14}$.

2.- 11-S4-5 El nitrit de sodi (NaNO_2) i el benzoat de sodi ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$) són dues sals que s'utilitzen com a conservants en la indústria alimentària.

- Escriviu les reaccions que es produeixen quan es dissol nitrit de sodi en aigua. Justifiqueu, a partir del model de Brønsted i Lowry, si la solució serà àcida, neutra o bàsica.
- Si es compara el pH de dues solucions aquoses, l'una de nitrit de sodi i l'altra de benzoat de sodi, de la mateixa concentració molar i a la mateixa temperatura, quina tindrà el pH més alt? Expliqueu raonadament la resposta.

DADES: Constant d'acidesa (K_a) del HNO_2 a $25^\circ\text{C} = 7,2 \times 10^{-4}$. Constant d'acidesa (K_a) del $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ a $25^\circ\text{C} = 6,3 \times 10^{-5}$. Constant d'ionització de l'aigua (K_w) a $25^\circ\text{C} = 1,0 \times 10^{-14}$.

3.- 12-S1-4 Al laboratori disposem d'una solució d'àcid clorhídric 0,010 M i d'una solució d'hidròxid de sodi 0,50 M. Expliqueu el procediment experimental que seguiríeu i quin material utilitzaríeu en les situacions següents:

- Per a preparar 250,0 mL d'hidròxid de sodi 0,010 M a partir de la solució d'hidròxid de sodi 0,50 M.
- Per a obtenir la corba de valoració de 25,0 mL d'àcid clorhídric 0,010 M amb hidròxid de sodi 0,010 M.

4.- 12-S3-2 En dermatologia, el tractament de berrugues es duu a terme habitualment de dues maneres diferents: mitjançant la criocirurgia o congelació de teixits, o mitjançant l'aplicació d'una substància corrosiva (procediment químic). En aquest darrer cas, el principi actiu del medicament emprat és l'àcid cloroetanoic (ClCH_2COOH). Aquest medicament, que s'aplica dues o tres vegades al dia sobre la berruga, conté $5,0 \times 10^{-3}$ mol d'àcid cloroetanoic per cada 100 mL de solució aquosa. Hem mesurat el pH d'aquesta solució, a 25 °C, i hem obtingut un valor de 2,11.

- Escriuiu la reacció de l'àcid cloroetanoic en aigua i expliqueu raonadament per què és un àcid, segons el model de Brönsted-Lowry. Indiqueu quines de les espècies que intervenen en la reacció, tant reactius com productes, actuen d'àcid i quines de base.
- Calculeu la constant d'acidesa de l'àcid cloroetanoic, a 25 °C.

5.- 12-S4-3 La lactosa, un dels principals components de la llet, es degrada en contacte amb l'aire i forma l'àcid làctic, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$. La concentració d'aquest àcid és un paràmetre emprat per a avaluar la frescor i la qualitat de la llet. L'acidesa mitjana de la llet fresca està normalment al voltant d'1,7 g d'àcid làctic per litre de llet; si la concentració d'àcid làctic és superior a 5,0 g per litre, es considera que la llet està quallada. Per determinar l'acidesa d'una mostra de llet, es valora l'àcid làctic de la mostra amb una solució aquosa d'hidròxid de sodi.

- Escriuiu la reacció de valoració. Expliqueu raonadament si seria correcte emprar l'indicador verd de bromocresol per a detectar el punt final d'aquesta valoració.
- Valorem 20,0 mL de llet amb una solució aquosa d'hidròxid de sodi 0,100 M i necessitem 8,5 mL de base per a arribar al punt final. Expliqueu raonadament si la llet està quallada.[1p]

DADES: Massa molecular relativa de l'àcid làctic = 90

Constant d'acidesa de l'àcid làctic (a 25 °C): $K_a = 3,2 \times 10^{-4}$

Interval de viratge (pH) de l'indicador verd de bromocresol: 3,8-5,6

6.- 13-S1-5 L'àcid butanoic, anomenat habitualment *àcid butíric*, s'utilitza en l'obtenció de compostos que es fan servir en xarops.

Hem preparat al laboratori una solució aquosa d'aquest àcid i el pH mesurat experimentalment ha estat 2,72.

- Escriuiu la reacció de l'àcid butíric amb aigua. Quina era la concentració inicial de la solució aquosa d'àcid butíric?
- Què és una *solució amortidora* de pH? Què hauríem d'afegir a la solució d'àcid butíric per a tenir una solució amortidora de pH? Justifiqueu la resposta.

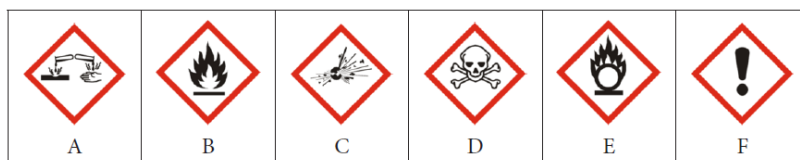
DADES: Constant d'acidesa de l'àcid butíric, a 25 °C: $K_a = 1,5 \times 10^{-5}$



Xarop de raïm en què s'ha utilitzat àcid butíric

7.- 14-S4-1 L'àcid fluorhídric és una solució de fluorur d'hidrogen en aigua. És una substància irritant, tòxica i corrosiva. Una de les propietats de l'àcid fluorhídric és que pot atacar el vidre, i per això s'utilitza per a fer grafies en els anomenats *vidres glaçats*. La constant d'acidesa d'aquest àcid, a 25 °C, és $6,6 \times 10^{-4}$.

- Quin pH té una solució d'àcid fluorhídric 0,5 M a 25 °C?
- Dels pictogrames de la figura (A-F), indiqueu-ne els tres que apareixen en l'etiqueta d'una ampolla d'àcid fluorhídric. Expliqueu de quins perills alerten aquests tres pictogrames i digueu quines precaucions cal prendre en la manipulació d'àcid fluorhídric al laboratori.



8.- 14-S5-2 Al laboratori disposem de tres vasos de precipitats (A, B i C) que contenen 50 mL de solucions aquoses de la mateixa concentració, a una temperatura de 25 °C. Un dels vasos conté una solució de HCl; un altre conté una solució de KCl, i l'altre, una solució de CH₃CH₂COOH (àcid feble anomenat habitualment *àcid propiònic*). Mesurem el pH de les tres solucions i obtenim els resultats següents:

Vas de precipitats	A	B	C
pH mesurat	7,0	1,5	4,0

- Identifiquen el contingut de cada vas i justifiquen la resposta.
- Si afegim 100 mL d'aigua destil·lada a cada vas i mantenim la temperatura a 25 °C, augmentarà, disminuirà o es mantindrà el pH en cadascun dels vasos? Expliqueu raonadament la resposta.

9.- 15-S5-4 L'àcid acetilsalicílic (C₈H₇O₂COOH), principi actiu de l'aspirina, és un àcid feble i monopròtic, ja que en la fórmula química té un únic grup àcid (—COOH). Preparem una solució d'àcid acetilsalicílic en aigua de concentració 3,32 g L⁻¹, i el pH mesurat és de 2,65 a la temperatura de 25 °C.



- Calculeu la constant d'acidesa, K_a, de l'àcid acetilsalicílic a 25 °C.
- Valorem 25,0 mL d'una altra solució d'àcid acetilsalicílic amb hidròxid de sodi 0,0250 M i gastem 14,2 mL d'aquesta base per a arribar al punt final. Escriviu la reacció de valoració i calculeu la concentració de la solució d'àcid acetilsalicílic, expressada en g L⁻¹.

DADA: Massa molecular relativa de l'àcid acetilsalicílic = 180.

10.- 16-S5-1 L'ibuprofèn, que podem representar com a C₁₂H₁₇COOH, és un antiinflamatori que s'utilitza per a combatre el dolor i els estats febrils. És un àcid monopròtic feble que conté un sol grup àcid carboxílic (—COOH) a la seva molècula. Hem preparat al laboratori una solució aquosa 0,200 M d'aquest àcid i, en mesurar-ne el pH, obtenim un valor de 2,95 a 25 °C.

- Calculeu la constant d'acidesa, K_a, de l'ibuprofèn a 25 °C.
- Volem valorar la solució aquosa d'ibuprofèn 0,200 M amb NaOH 0,100 M, però al laboratori només disposem d'una solució de NaOH 0,400 M. Calculeu quin volum d'aquesta solució necessitem per a preparar 100,0 mL d'una solució de NaOH 0,100 M. Expliqueu com la prepararíeu al laboratori i indiqueu el material que utilitzaríeu. Justifiqueu si podem emprar el roig de metil com a indicador per a detectar el punt final d'aquesta valoració àcid-base. DADA: Interval de viratge (pH) del roig de metil: 4,2-6,2.

11.- 17-S1-7 L'àcid metanoic (HCOOH), anomenat habitualment àcid fòrmic, es pot obtenir de les formigues. Quan una formiga ens pica, ens injecta aproximadament 0,003 mL d'àcid fòrmic pur, i aquest líquid que ens ha injectat es mescla amb 1,0 mL d'aigua del nostre cos.



- Calculeu la concentració de la solució aquosa d'àcid fòrmic que es forma al nostre cos quan ens pica una formiga, expressada en mol L⁻¹. Quin pH tindrà aquesta solució?
- Per a neutralitzar les picades de formiga, podem utilitzar hidrogencarbonat de sodi (NaHCO₃). Escriviu la reacció de neutralització i calculeu la massa de NaHCO₃ que cal per a neutralitzar l'àcid fòrmic que ens injecta una formiga quan ens pica.

Dades: Densitat de l'àcid fòrmic pur = 1,20 g mL⁻¹. Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Na = 23,0. Constant d'acidesa de l'àcid fòrmic: K_a = 1,8 × 10⁻⁴.

12.- 17-S2-7 Alguns lleixius d'ús domèstic són solucions aquoses que contenen un 5 % en massa d'hipoclorit de sodi (NaClO).

- Escriuiu la reacció de dissociació del NaClO i justifiqueu quin ió tindrà hidròlisi. Escriuiu la reacció d'hidròlisi i calculeu el pH del lleixiu a 25 °C.
- Què és una solució amortidora de pH? Justifiqueu si el lleixiu pot actuar com a solució amortidora de pH.

Dades: Massa molecular relativa de l'hipoclorit de sodi (NaClO) = 74,5.

Densitat de la solució aquosa amb un 5 % de NaClO = 1,00 g mL⁻¹.

Constant de basicitat de l'ió hipoclorit (ClO⁻) a 25 °C: $K_b = 3,3 \times 10^{-7}$.

Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$.

13.- 18-S5-1 L'àcid benzoic (C₆H₅COOH) és un àcid carboxílic monopròtic que s'utilitza en l'elaboració de cosmètics, tints, plàstics i repel·lents d'insectes.

- Al laboratori preparem 250 mL d'una solució aquosa que conté 3,050 g d'àcid benzoic. En mesurar el pH d'aquesta solució a 25 °C, obtenim un valor de 2,60. Quin valor té la constant d'acidesa de l'àcid benzoic a 25 °C?
- Una indústria ha comprat una solució aquosa d'àcid benzoic. Per conèixer-ne amb exactitud i precisió la concentració, valorem 25,0 mL d'aquesta solució amb una solució aquosa d'hidròxid de sodi 0,115 M, i gastem 38,6 mL d'aquesta base per arribar al punt final de la valoració. Escriuiu la reacció de valoració i calculeu la concentració de la solució aquosa d'àcid benzoic, expressada en g L⁻¹.

Dades: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

14.- 20-S1-4 Tenim al laboratori dues solucions d'1 L cadascuna. La primera és àcid clorhídric amb una concentració 0,2 mM i la segona és àcid acètic de concentració desconeguda. El pH mesurat d'ambdues solucions és el mateix.

- Determineu: — el pH de les dues solucions àcides; — la concentració molar de l'àcid acètic. [1,25 punts]
- Es valoren separatament 10 mL de cada àcid amb hidròxid de sodi 0,1 mM. Escriuiu les reaccions de neutralització. Raoneu si el pH dels punts d'equivalència d'ambdues valoracions serà àcid, bàsic o neutre. [1,25 punts]

Dades: K_a (àcid acètic) = $1,8 \times 10^{-5}$. $K_w = 1 \times 10^{-14}$. 1 mM = 1×10^{-3} M.

15.- 20-S3-1 El vinagre s'obté mitjançant fermentació acètica de vins de baixa graduació alcohòlica, causada per bacteris aerobis de la família Acetobacteraceae. El vi fermentat pren un gust agre quan l'etanol esdevé àcid etanoic, també anomenat *àcid acètic*.

- Una mostra de 10 mL de vinagre presenta un grau d'acidesa de 30, expressat en grams d'àcid acètic per litre de vinagre. Calculeu el pH del vinagre considerant que l'únic àcid present a la mostra és l'acètic. [1,25 punts]
- La determinació del grau d'acidesa del vinagre es duu a terme mitjançant una valoració àcid-base amb hidròxid de sodi. Quants mL de solució d'hidròxid de sodi 0,5 M es necessiten per a valorar 10 mL de vinagre que té una concentració d'àcid acètic del 3 % en pes? [1,25 punts]

Dades: K_a (àcid acètic) = $1,8 \times 10^{-5}$. Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0;

Na = 23,0. Densitat del vinagre: 1 g · mL⁻¹.

Producte de Solubilitat

1.- 11-S2-1 L'hidròxid de magnesi, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, és una substància que es fa servir en petites quantitats com a antiàcid i també com a laxant.

- Calculeu-ne la solubilitat en aigua a $25\text{ }^\circ\text{C}$, i expresseu-la en mgL^{-1} .
- Sense canviar la temperatura, expliqueu raonadament com variarà la solubilitat de l'hidròxid de magnesi si, en comptes de dissoldre'l en aigua, el dissolem en una solució de nitrat de magnesi. I si el dissolem en una solució d'àcid clorhídric?

DADES: Producte de solubilitat de l'hidròxid de magnesi a $25\text{ }^\circ\text{C}$: $K_{\text{ps}}=1,2\times 10^{-11}$.

Masses atòmiques relatives: $\text{Mg}=24,3$; $\text{O}=16,0$; $\text{H}=1,0$.

2.- 11-S4-6 En l'anàlisi química, les solucions aquoses de nitrat de plata, AgNO_3 , se solen utilitzar per a detectar la presència d'ions clorur en solucions problema, a causa de la precipitació del clorur de plata de color blanc.

- Tenim una solució problema d'ions clorur molt diluïda ($3,0\times 10^{-7}\text{ M}$). Si agafem 20 mL d'aquesta solució i hi afegim 10 mL d'una solució $9,0\times 10^{-4}\text{ M}$ de nitrat de plata, hi detectariem la presència de clorur?
- En els flascons de nitrat de plata podem trobar aquests pictogrames de seguretat:



Què signifiquen aquests pictogrames? Quines precaucions s'haurien de prendre en la manipulació de les solucions de nitrat de plata?

DADES: Producte de solubilitat (K_{ps}) del clorur de plata a 298 K = $2,8\times 10^{-10}$. Considereu additius els volums de solucions líquides.

3.- 12-S4-4 Un càlcul renal, anomenat popularment *pedra al ronyó*, és un fragment de material sòlid que es forma dins del ronyó a partir de substàncies que es troben en l'orina. El càlcul renal més comú conté oxalat de calci, $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)$, una sal que prové de l'àcid feble $\text{COOH}-\text{COOH}$ anomenat *àcid oxàlic*.

- Quina és la solubilitat de l'oxalat de calci en aigua i a $25\text{ }^\circ\text{C}$, expressada en mol L^{-1} , si el seu producte de solubilitat a la mateixa temperatura és $2,0\times 10^{-9}$?
- Disposem d'una mica d'oxalat de calci sòlid en contacte amb una solució aquosa saturada d'aquesta sal. Expliqueu dues maneres de solubilitzar l'oxalat de calci, sense modificar la temperatura.

4.- 13-S1-1 La fluïdització de l'aigua potable consisteix en l'addició limitada i controlada d'ions fluorur en el sistema públic d'aigua potable, amb l'objectiu de reduir el risc de càries dental de la població, tot i que actualment se'n discuteix l'efectivitat. Aquest fluorur s'afegeix habitualment en forma de fluorur de sodi fins a tenir una concentració de $5,0\times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}$ de fluorur. Quan l'aigua potable d'una ciutat és dura, perquè conté molta quantitat d'ions Ca^{2+} , pot precipitar el fluorur de calci.

- Quina és la concentració màxima d'ions Ca^{2+} (expressada en mol L^{-1}) que pot contenir l'aigua perquè no es produeixi un precipitat de fluorur de calci?
- Si se'ns forma un precipitat de $10,0\text{ g}$ de fluorur de calci, quina quantitat mínima d'aigua pura necessitem afegir per a dissoldre'l?

DADES: Producte de solubilitat del fluorur de calci: $K_{\text{s}} = 3,9\times 10^{-11}$

Masses atòmiques relatives: $\text{F} = 19$; $\text{Ca} = 40$

5.- 13-S3-6 La presència de ferro és un dels problemes que més sovint han d'afrontar els professionals de tractament d'aigües. Aquest element pot afectar el sabor de l'aigua, produir taques als sanitaris i a la roba blanca o formar dipòsits en les xarxes de distribució.

- Les guies de qualitat de l'Organització Mundial de la Salut recomanen que les aigües destinades al consum humà no sobrepassin els $0,3\text{ mg L}^{-1}$ de ferro. Si suposem que aquesta concentració és tota de Fe^{2+} , quin pH tindrà l'aigua quan comenci la precipitació de l'hidròxid de ferro(II)?

- b) En un vas de precipitats tenim una mica d'hidròxid de ferro(II) sòlid en contacte amb una solució aquosa saturada d'aquest hidròxid. Una manera de solubilitzar el sòlid és afegir-hi aigua destil·lada. Expliqueu dues altres maneres de solubilitzar-lo.

DADES: Producte de solubilitat de l'hidròxid de ferro(II), a 25 °C: $K_s = 4,1 \times 10^{-15}$

$K_w = 1,0 \times 10^{-14}$ Massa atòmica relativa: Fe = 55,85

6.- 13-S4-2 Un estudiant duu a terme l'experiment següent al laboratori, a una temperatura de 20 °C: transfereix a un vas de precipitats, amb l'ajut d'una proveta, 40 mL d'una solució aquosa de H_2SO_4 $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, i 160 mL d'una solució aquosa de $BaCl_2$ $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$. Remena bé la mescla amb una vareta de vidre i observa de seguida l'aparició d'un precipitat de color blanc.

- Expliqueu raonadament, a partir dels càlculs necessaris, la formació del precipitat.
- L'estudiant separa el precipitat blanc de la solució aquosa incolora mitjançant un procés de filtració. Amb la solució aquosa del filtrat omple dos tubs d'assaig fins a la meitat; en un hi afegeix una mica d'una solució aquosa concentrada de Na_2SO_4 i en l'altre, una mica d'aigua destil·lada. Expliqueu raonadament què succeirà a cada tub.

DADES: Constant de producte de solubilitat del $BaSO_4$, a 20 °C: $K_s = 1,1 \times 10^{-10}$

Considereu additius els volums de les solucions aquoses.

7.- 14-S3-2 Les aigües dures, a causa de la presència d'ions calci i altres ions metàl·lics, són un problema a les llars perquè poden formar fàcilment compostos insolubles com el $CaCO_3$ que provoquen avaries en les conduccions i en els electrodomèstics.

- Una mostra d'aigua conté 40 mg/L d'ions Ca^{2+} . Calculeu la concentració mínima d'ions carbonat que hauria de contenir aquesta aigua, en mol L^{-1} , perquè precipiti $CaCO_3$ a 25 °C.
- La solubilitat del $CaCO_3$ es manté, disminueix o augmenta quan la sal es dissol en una solució aquosa de Na_2CO_3 ? I si es dissol en una solució aquosa d'àcid clorhídric? Argumenteu les respostes.

DADES: Constant del producte de solubilitat del $CaCO_3$, a 25 °C: $K_{ps} = 4,8 \times 10^{-9}$; Massa atòmica relativa: Ca = 40,0

8.- 14-S4-6 Les solucions fertilitzants a base de sulfat de zinc provoquen problemes a les plantes quan s'apliquen per via foliar. Per a evitar aquests efectes tòxics es recomana modificar el pH de la solució de sulfat de zinc fins que comenci a precipitar $Zn(OH)_2$.

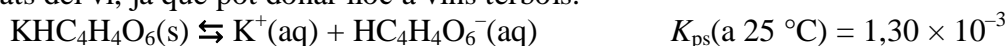
- Calculeu la solubilitat del $Zn(OH)_2$, a 20 °C, expressada en mol L^{-1} .
- Si tenim una solució fertilitzant que conté 1,8 g/L de sulfat de zinc, quin pH hem de fixar perquè comenci a precipitar $Zn(OH)_2$?

DADES: Constant del producte de solubilitat del $Zn(OH)_2$, a 20 °C: $K_{ps} = 6,87 \times 10^{-17}$; Massa molecular relativa del sulfat de zinc = 161,4; Const. d'ionització de l'aigua: $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$



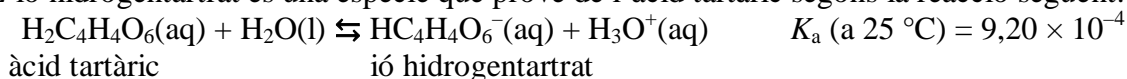
Fulles afectades per l'aplicació d'un fertilitzant a base de sulfat de zinc.

9.- 14-S5-5 Tant l'ió potassi com l'ió hidrogenatrat són presents de manera natural en els vins i, per aquest motiu, l'equilibri de solubilitat de l'hidrogenatrat de potassi té un paper important en les propietats del vi, ja que pot donar lloc a vins tèrbols.



Hidrogenatrat de potassi ió hidrogenatrat de potassi

- Si la concentració d'ió potassi en un vi és 1,0 g/L, quina hauria de ser la concentració màxima d'ió hidrogenatrat en aquest vi, a 25 °C, perquè no precipiti hidrogenatrat de potassi? Expressen el resultat en g/L.
- L'ió hidrogenatrat és una espècie que prové de l'àcid tartàric segons la reacció següent:



àcid tartàric ió hidrogenatrat

Si considerem només aquesta reacció, i sabem que un vi conté en equilibri $3,3 \times 10^{-3} \text{ M}$ d'àcid tartàric i $3,0 \times 10^{-2} \text{ M}$ d'ió hidrogenatrat, quin és el pH del vi a 25 °C?

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; K = 39,1

10.- 15-S4-7 Els detergents contenen grans quantitats de fosfats, que són una de les causes de contaminació de les aigües. El sanejament és un procés clau per a garantir la qualitat de l'aigua i, per tant, la salut i la preservació del medi. Un mètode per a eliminar els fosfats de les aigües residuals consisteix a precipitar-los com a fosfat d'alumini, AlPO_4 .

- Escriu la reacció de l'equilibri de solubilitat del fosfat d'alumini. Calculeu la solubilitat d'aquesta sal a 20 °C, expressada en mol L^{-1} .
- Es vol abocar una aigua residual amb una concentració molt alta de fosfats en un aqüífer on, per exigències legals, només és permès d'abocar-hi aigua amb una concentració de fosfats menor de $0,20 \text{ mg L}^{-1}$. Per això, abans d'abocar-la s'hi afegeix una quantitat de $\text{AlCl}_3(\text{s})$ que aconsegueix precipitar una part del fosfat i deixa una concentració en equilibri de l'ió Al^{3+} a l'aigua de $2,6 \times 10^{-15} \text{ mol L}^{-1}$. Justifiqueu si l'aigua residual tractada compleix les exigències legals per a abocar-la a l'aqüífer. Supposeu que la temperatura de l'aigua és de 20 °C.

DADES: Constant del producte de solubilitat, a 20 °C: $K_{\text{ps}}(\text{AlPO}_4) = 1,3 \times 10^{-20}$. Masses atòmiques relatives: O = 16,0; P = 31,0. El clorur d'alumini, AlCl_3 , és una sal soluble en aigua.

11.- 15-S5-5 Per a mantenir les piscines en condicions acceptables per al bany es fan servir diferents productes químics. Així, per a eliminar-ne la matèria orgànica i els agents patògens es pot utilitzar NaClO i per a controlar el creixement de les algues es fan servir sals solubles de coure(II), com ara el CuSO_4 .

- Omplim una piscina amb 80 m^3 d'aigua. Quin seria el pH de l'aigua de la piscina si hi afegíssim 149 g de NaClO ? Supposeu que l'aigua era inicialment neutra i que el volum de l'aigua es manté en afegir-hi la sal.
- El pH d'una altra piscina és 7,2, valor recomanat normalment per a tenir una bona eficiència en l'ús dels productes que hi afegim per mantenir l'aigua neta i lliure de microorganismes. Quina concentració màxima d'ions Cu^{2+} hi pot haver en aquesta piscina si volem evitar que es produeixi la precipitació del $\text{Cu}(\text{OH})_2$ en afegir-hi una sal soluble de coure(II)?

DADES: Supposeu que la temperatura és sempre 25 °C. L'hipoclorit de sodi, NaClO , és una sal soluble en aigua. Masses atòmiques relatives: O = 16,0; Na = 23,0; Cl = 35,5. Constant de basicitat de l'ió hipoclorit (ClO^-) a 25 °C: $K_{\text{b}} = 3,3 \times 10^{-7}$. Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_{\text{w}} = 1,0 \times 10^{-14}$. Constant del producte de solubilitat del $\text{Cu}(\text{OH})_2$ a 25 °C: $K_{\text{ps}} = 6,0 \times 10^{-20}$.

12.- 16-S1-5 Un consum massa elevat de plom pot provocar la malaltia anomenada *saturnisme*, que genera anèmia en el malalt perquè el plom a la sang bloqueja la síntesi de l'hemoglobina. A les aigües potables, la concentració màxima permesa de l'ió Pb^{2+} és $0,05 \text{ mg L}^{-1}$.

- Escriu l'equilibri de solubilitat del clorur de plom(II) i calculeu la solubilitat d'aquest compost en aigua a 25 °C, expressada en g L^{-1} .
- A partir de quin pH precipitarà, a 25 °C, l'hidròxid de plom(II) en una aigua potable que tingui la concentració màxima permesa de l'ió Pb^{2+} ?

DADES: Masses atòmiques relatives: Pb = 207,2; Cl = 35,5. Constant d'autoionització de l'aigua a 25 °C: $K_{\text{w}} = 1,0 \times 10^{-14}$. Constants del producte de solubilitat a 25 °C: $K_{\text{ps}}(\text{PbCl}_2) = 1,6 \times 10^{-5}$; $K_{\text{ps}}(\text{Pb}(\text{OH})_2) = 1,2 \times 10^{-15}$.

13.- 16-S3-1 El iodur de plom(II) (PbI_2) és una sal de color groc, força insoluble en aigua freda, que es pot obtenir mesclant dissolucions aquoses de nitrat de plom(II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) i de iodur de potassi (KI).

- Escriu la reacció de precipitació del iodur de plom(II) i expliqueu raonadament, fent els càlculs necessaris, si precipitarà iodur de plom(II) quan mesquem 0,25 L de dissolució aquosa 0,15 M de iodur de potassi amb 0,25 L de dissolució aquosa de nitrat de plom(II) 0,15 M, a 25 °C. Supposeu que els volums són additius.

- b) Expliqueu quin procediment seguiríeu al laboratori, esmenteu quins materials utilitzaríeu i feu els càlculs necessaris per a preparar la dissolució aquosa, abans esmentada, de iodur de potassi a partir del producte sòlid.

DADES: Masses atòmiques relatives: K = 39; I = 127. Constant del producte de solubilitat del PbI_2 a 25 °C: $K_{ps} = 7,9 \times 10^{-9}$.

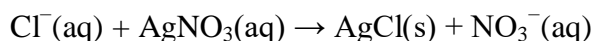
14.- 16-S5-7 Un dels rius principals que subministren aigua a la ciutat de Barcelona és el riu Llobregat. En una analítica rutinària de l'aigua d'aquest riu obtenim les dades següents:

Paràmetres	Valors
pH	7,45
ions clorur, Cl^- (mg L^{-1})	298
ions sulfat, SO_4^{2-} (mg L^{-1})	207
ions calci, Ca^{2+} (mg L^{-1})	128
ions magnesi, Mg^{2+} (mg L^{-1})	41,9
ions sodi, Na^+ (mg L^{-1})	87,4

- a) Omplim un tub d'assaig, fins a la meitat, amb aigua del riu Llobregat a 298 K. Tot seguit, hi afegim, gota a gota, una solució concentrada de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ fins que comença a aparèixer una mica de precipitat. Justifiqueu, numèricament, si aquest precipitat és PbCl_2 o PbSO_4 .
- b) Omplim un altre tub d'assaig, fins a la meitat, amb aigua del riu Llobregat i hi afegim, gota a gota, una solució de NaOH per augmentar-ne la basicitat i fer precipitar els hidròxids metàl·lics insolubles. Quan el pH és 12,6, comença a precipitar l'hidròxid de calci. Quin valor té la constant del producte de solubilitat d'aquest hidròxid a 298 K?

DADES: Masses atòmiques relatives: O = 16; S = 32; Cl = 35,5; Ca = 40. Constants del producte de solubilitat, a 298 K: $K_{ps}(\text{PbCl}_2) = 1,6 \times 10^{-5}$; $K_{ps}(\text{PbSO}_4) = 1,6 \times 10^{-8}$. Constant d'ionització de l'aigua, a 298 K: $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

15.- 17-S1-6 La salinitat de les aigües oceàniques determina les condicions de vida dels organismes marins i varia en funció de les característiques de cada oceà. La determinació de la salinitat es duu a terme mesurant un paràmetre de l'aigua de mar, com ara la conductivitat elèctrica o la concentració d'ió clorur. Aquest darrer paràmetre es mesura mitjançant una valoració de l'ió clorur amb nitrat de plata (AgNO_3):



- a) Quan hem valorat 20,0 mL d'aigua de mar, hem necessitat 23,5 mL d'una solució de nitrat de plata 0,265 M per a poder arribar al punt final de la valoració. Calculeu la salinitat de l'aigua de mar, expressada com a concentració de NaCl en g L^{-1} .
- b) Escriviu l'equació de l'equilibri de solubilitat del clorur de plata i determineu-ne la solubilitat a 25 °C, expressada en mol L^{-1} . Justifiqueu si la solubilitat del clorur de plata augmenta, disminueix o es manté en una solució aquosa concentrada de KCl.

Dades: Massa molecular relativa del NaCl = 58,5. $K_{ps}(\text{AgCl a } 25^\circ\text{C}) = 1,7 \times 10^{-10}$.

16.- 17-S2-3 Les solucions parenterals són solucions farmacològiques que s'administren per mitjà d'una injecció. Quan s'utilitza en el tractament d'uns malalts determinats, aquesta solució ha de contenir oligoelements com, per exemple, l'ió Cu^{2+} ; en aquest cas, és molt important evitar la precipitació de l'hidròxid de coure(II) a la sang.

- a) Escriviu l'equilibri de solubilitat de l'hidròxid de coure(II) i calculeu-ne la solubilitat a 25 °C, expressada en mol L^{-1} .
- b) Si el pH de la sang és 7,4, calculeu quina és la concentració màxima d'ions coure(II) que hi pot haver a la sang per a evitar que precipiti l'hidròxid de coure(II).

Dades: Constant del producte de solubilitat de l'hidròxid de coure(II) a 25 °C: $K_{ps} = 2,2 \times 10^{-20}$. Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

17.- 17-S5-1 L'hidròxid de magnesi, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, és un antiàcid que s'utilitza per a alleujar els símptomes d'indigestió o acidesa.

- Escriu la reacció de l'equilibri de solubilitat de l'hidròxid de magnesi en aigua i calculeu-ne la solubilitat a 25 °C, en mg L^{-1} , si el pH de la solució saturada és igual a 11,4.
- Quin efecte tindrà l'addició d'una solució aquosa de clorur de magnesi (MgCl_2) en la solubilitat de l'hidròxid de magnesi? I l'addició d'una solució aquosa d'àcid clorhídric (HCl)? Justifiqueu les respostes.

Dades: Masses atòmiques relatives: $\text{H} = 1,0$; $\text{O} = 16,0$; $\text{Mg} = 24,3$. $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

18.- 18-S1-6 L'atzurita és un mineral que conté, entre altres substàncies, hidròxid de coure(II). S'utilitza força en joieria perquè és d'un color blau intens molt característic.

- Quina massa d'hidròxid de coure(II) podem dissoldre si una peça de joieria que conté atzurita cau en un recipient en què hi ha 1,0 L d'aigua acidulada amb un pH de 6,0? Expressau el resultat en mil·ligrams.
- La solubilitat de l'hidròxid de coure(II) en aigua destil·lada és més alta o més baixa que en una solució aquosa de CuCl_2 ? La formació de complexos de coure(II), afegint-hi per exemple NH_3 , augmenta o disminueix la solubilitat de l'hidròxid de coure(II)? Justifiqueu les respostes.

Dades: Masses atòmiques relatives: $\text{H} = 1,0$; $\text{O} = 16,0$; $\text{Cu} = 65,5$. $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$.

Constant del producte de solubilitat de l'hidròxid de coure(II) a 25 °C: $K_{ps} = 2,20 \times 10^{-20}$.

19.- 18-S3-7 Les Dolomites, als Alps italians, són unes muntanyes espectaculars, amb rutes d'escalada llargues i exigents. Estan formades per roca carbonatada molt dura composta principalment per carbonat de magnesi, a diferència de les muntanyes d'altres indrets d'Europa, en què predomina el carbonat de calci.

- Escriu l'equació de l'equilibri de solubilitat del carbonat de magnesi i calculeu-ne la solubilitat molar en aigua a 25 °C.
- Tenim una mostra d'aigua, procedent d'un bassal, que conté $9,1 \times 10^{-4} \text{ M}$ d'ions de magnesi i $8,3 \times 10^{-4} \text{ M}$ d'ions de calci. En agafar 100,0 mL d'aquesta mostra d'aigua i afegir-hi 1,0 mL d'una solució de Na_2CO_3 1,0 m, observem que es forma un precipitat blanc. Digueu, a partir dels càlculs que considereu necessaris, si el precipitat blanc està format per carbonat de calci, carbonat de magnesi o una barreja de tots dos, i justifiqueu la resposta.

Dades: Producte de solubilitat a 25 °C: K_{ps} (carbonat de calci) = $5,0 \times 10^{-9}$;

K_{ps} (carbonat de magnesi) = $1,0 \times 10^{-5}$.

20.- 19-S5-2 Una indústria de galvanoplàstia genera aigües residuals que contenen una concentració molt alta de l'ió Zn^{2+} . Per a eliminar una bona part d'aquest ió, aquesta empresa industrial opta per addicionar a les aigües residuals una solució bàsica que el precipiti en forma de $\text{Zn}(\text{OH})_2$.

- Calculeu la solubilitat del $\text{Zn}(\text{OH})_2$ a 25 °C, expressada en mol/L.
- A quin pH cal ajustar les aigües residuals quan provoquem la precipitació del $\text{Zn}(\text{OH})_2$ si volem que les aigües residuals que genera aquesta indústria de galvanoplàstia continguin, com a màxim, 800 mg/m^3 de Zn^{2+} ?

Dades: Massa atòmica relativa: $\text{Zn} = 65,4$. Constant del producte de solubilitat del $\text{Zn}(\text{OH})_2$ a 25 °C: $K_{ps} = 3,3 \times 10^{-17}$. Constant d'ionització de l'aigua a 25 °C: $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

21.- 20-S1-1 La duresa és una qualitat de l'aigua relacionada amb el contingut en dissolució de cations alcalinoterris, principalment calci i magnesi. Un efecte de la duresa de l'aigua s'observa en les incrustacions de sals de carbonat que es produeixen dintre dels dipòsits que contenen aigua calenta.

- Quina és la solubilitat molar de les sals de carbonat de calci i de carbonat de magnesi a 25 °C? Quan la concentració de carbonat és $11,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, a partir de quina concentració de

calci (en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) precipita el carbonat de calci? A partir de quina concentració de magnesi (en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) precipita el carbonat de magnesi? [1,25 punts]

- b) Com es veurà afectat l'equilibri de solubilitat de les sals de carbonat a causa d'una disminució del pH del medi? Justifiqueu la idoneïtat d'eliminar les incrustacions de sals de carbonat amb vinagre. [1,25 punts]

Dades: K_{ps} (carbonat de calci) = $4,50 \times 10^{-9}$ (a 25 °C). K_{ps} (carbonat de magnesi) = $3,50 \times 10^{-8}$ (a 25 °C). Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0; Mg = 24,3; Ca = 40,1.

22.- 20-S4-4 L'acumulació de sediments minerals en les canonades, vàlvules i bombes és un dels problemes més importants per a la indústria petroliera, ja que redueix significativament la producció dels pous. Aquestes incrustacions poden ser, entre altres substàncies, de sulfat de bari (BaSO_4), un compost difícil d'eliminar perquè és summament resistent als agents químics i mecànics.

- a) Escriviu l'equació de l'equilibri de solubilitat del sulfat de bari i calculeu-ne la solubilitat en aigua a 25 °C, expressada en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. [1,25 punts]
- b) Justifiqueu, a partir dels càlculs necessaris, si a 25 °C es formaran incrustacions de sulfat de bari en un pou petrolífer quan es mesclin 4,00 L d'aigua que conté $1,96 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions bari amb 1,00 L d'una altra aigua que conté $3,08 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions sulfat. [1,25 punts]

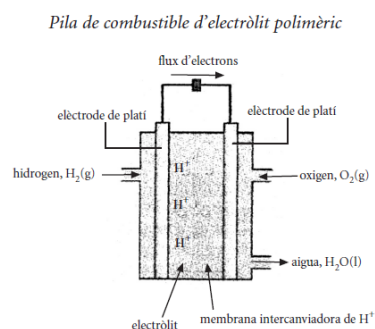
Dada: Constant del producte de solubilitat a 25 °C: $K_{\text{ps}}(\text{BaSO}_4) = 1,08 \times 10^{-10}$.

Nota: Considereu additius els volums de les solucions aquoses.

Oxidació - Reducció

Pila Redox, Espontaneïtat

1.- 11-S1-3 La pila de combustible d'electròlit polimèric que es mostra en la figura és una pila de combustible típica. El funcionament consisteix a introduir en la cel·la hidrogen i oxigen gasosos de manera continuada, alhora que s'elimina el producte de la reacció (aigua). Així, es pot generar energia elèctrica mentre es manté el subministrament de reactius. Aquesta pila està formada per dos elèctrodes recoberts de platí, que actua com a catalitzador, separats per una membrana polimèrica que conté un electròlit i que hi permet el pas de H^+ .



- a) Escriviu les semireaccions anòdica i catòdica, i la reacció global de la pila de combustible d'electròlit polimèric. Indiqueu la polaritat dels elèctrodes.
- b) La quantitat teòrica màxima d'energia elèctrica disponible en una pila electroquímica és la variació d'energia lliure (ΔG°), mentre que la quantitat màxima d'energia alliberada quan es crema un combustible és la seva variació d'entalpia (ΔH°). Per a avaluar una pila de combustible s'utilitza el paràmetre del valor d'eficiència (ϵ), que es defineix $\epsilon = \Delta G^\circ / \Delta H^\circ$. Calculeu la força electromotriu (FEM) i l'eficiència (ϵ) de la pila de combustible d'electròlit polimèric, en condicions estàndard i a 298 K.

DADES: Constant de Faraday, $F = 9,65 \times 10^4 \text{ Cmol}^{-1}$. Entalpia estàndard de formació de l'aigua líquida a 298 K: $\Delta H_f^\circ = -285,8 \text{ kJmol}^{-1}$. Potencial estàndard de reducció a 298 K: $E^\circ(\text{H}^+ | \text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(\text{O}_2 | \text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$.

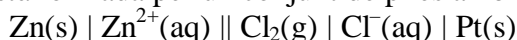
2.- 11-S4-3 Coneixem els potencials estàndard de reducció, a 298 K, del coure i del zinc:

$$E^\circ(\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}) = +0,34 \text{ V} \quad E^\circ(\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$$

- a) Expliqueu raonadament quina reacció espontània tindrà lloc en una pila formada per aquests dos elèctrodes, en condicions estàndard i a 298 K. Calculeu la força electromotriu (FEM) de la pila en aquestes condicions.

- b) Volem comprovar experimentalment la força electromotriu d'aquesta pila en condicions estàndard i a 298 K. Expliqueu com la muntaríeu al laboratori per a fer-ne la comprovació, i indiqueu el material i els reactius que utilitzaríeu.

3.- 12-S1-1 Una bateria que es podria utilitzar en els vehicles elèctrics és la de zinc-clor, que té l'avantatge de desenvolupar una potència pràcticament constant, fins i tot durant el procés de descàrrega. Aquesta bateria està formada per un conjunt de piles amb la notació següent:



- a) Dibuixeu un esquema d'aquesta pila. Indiqueu-hi la polaritat i el nom de cada elèctrode i assenyalau el sentit de circulació dels electrons pel circuit exterior. Quina funció hi exerceix el platí?
- b) Escriviu les equacions de les semireaccions d'oxidació i reducció, i l'equació de la reacció global que hi té lloc. Calculeu la força electromotriu (FEM) de la pila, en condicions estàndard i a 298 K.

DADES: Potencial estàndard de reducció a 298 K: $E^\circ(\text{Zn}^{2+} \mid \text{Zn}) = -0,76\text{V}$; $E^\circ(\text{Cl}_2 \mid \text{Cl}^-) = 1,36\text{V}$

4.- 12-S3-6 Al laboratori disposem de les substàncies següents:

Metalls	Sn(s)	Cu(s)	Ni(s)
Solucions	$\text{KNO}_3(\text{aq})$ 3M	$\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 1M	$\text{NiSO}_4(\text{aq})$ 1M

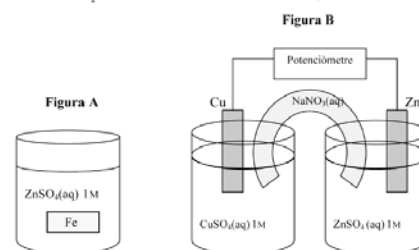
- a) Quina reacció faríeu al laboratori per aconseguir tenir una solució aquosa que contingues ions Sn^{2+} ? Justifiqueu la resposta.
- b) Emprant només les substàncies de la taula anterior, expliqueu el procediment experimental per a construir al laboratori una pila en condicions estàndard i a 25 °C, tot indicant el material necessari. Digueu el nom i la polaritat de cada elèctrode.

DADES: E° , a 25 °C: $E^\circ(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = +0,34\text{V}$; $E^\circ(\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}) = -0,14\text{V}$; $E^\circ(\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}) = -0,25\text{V}$

5.- 12-S4-1 Amb l'ajut de les figures, que representen experiències dutes a terme al laboratori, contesteu les qüestions següents i justifiqueu les respostes.

- a) En l'experiència de la figura A, introduïm una peça de ferro en una solució aquosa de ZnSO_4 . La peça de ferro quedarà recoberta d'una capa de zinc sòlid?
- b) En l'experiència de la figura B, es connecten les solucions aquoses de CuSO_4 i ZnSO_4 amb un pont salí de NaNO_3 . Què marcarà el potenciòmetre? Cap a on es mouran els ions Na^+ i NO_3^- ?

Experiències realitzades al laboratori, a 25 °C



DADES:

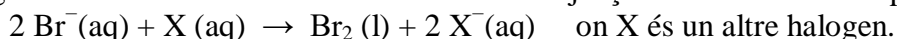
Parell redox	$\text{Zn}^{2+} \mid \text{Zn}$	$\text{Fe}^{2+} \mid \text{Fe}$	$\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$
$E^\circ(\text{V})$, a 25 °C	-0,76	-0,44	0,34

6.- 13-S3-7 Volem separar la plata d'un aliatge format per plata i estany. Per a aconseguir-ho, podem escollir entre afegir a l'aliatge una solució aquosa d'àcid sulfúric 1 M o una d'àcid nítric 1 M, i, posteriorment, obtenir la plata sòlida per filtració.

- a) Justifiqueu, des d'un punt de vista electroquímic, si escolliríeu afegir àcid sulfúric o àcid nítric.
- b) Escriviu la reacció de l'àcid nítric en aigua, segons el model àcid-base de Brønsted- Lowry. Si tenim una solució d'àcid nítric i una altra d'àcid sulfúric de la mateixa concentració molar, quina de les dues solucions té un pH més alt? Expliqueu-ho raonada- ment.

DADES: Potencial estàndard de reducció, a 298 K: $E^\circ(\text{NO}_3^- / \text{NO}) = +0,96\text{V}$;
 $E^\circ(\text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_3^{2-}) = +0,17\text{V}$; $E^\circ(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = +0,80\text{V}$; $E^\circ(\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}) = -0,14\text{V}$

7.- 13-S4-7 El brom s'utilitza en la producció de colorants, desinfectants i insecticides. Una font important per a obtenir-lo és l'aigua de mar, on s'hi troba en forma de bromur. L'obtenció de brom a partir de l'aigua de mar es duu a terme industrialment mitjançant una reacció del tipus:



- Expliqueu raonadament quin o quins halògens poden fer que la reacció anterior sigui espontània, i calculeu la variació d'energia lliure estàndard, a 298 K, d'una d'aquestes reaccions.
- A partir de la configuració electrònica dels àtoms o ions, i utilitzant el model atòmic de càrregues elèctriques, compareu el radi atòmic dels elements Cl i Br, així com el radi de les espècies químiques Br i Br^- .

DADES: Potencial estàndard de reducció, a 298 K: $E^\circ(\text{F}_2/\text{F}^-) = +2,87 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = +1,36 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = +1,07 \text{ V}$; $E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = +0,54 \text{ V}$

Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$; Nombres atòmics (Z): $Z(\text{Cl}) = 17$; $Z(\text{Br}) = 35$

8.- 14-S3-4 Atesa l'escassetat i el preu tan alt dels derivats del petroli, es pensa en l'hidrogen com a combustible que els pot substituir, ja que també reacciona amb l'oxigen i produeix energia en aquest procés.



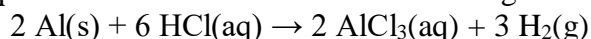
- Justifiqueu que es tracta d'una reacció d'oxidació-reducció, i indiqueu quin reactiu és l'oxidant i quin reactiu és el reductor. Expliqueu raonadament si la reacció és espontània, en condicions estàndard i a 298 K.
- A la natura no hi ha hidrogen lliure i, per tant, cal obtenir-lo d'alguna manera. El reactiu més barat és l'aigua i algú proposa utilitzar les radiacions solars per a trencar directament l'enllaç O—H de la molècula d'aigua, de manera que els radicals formats continuarien la reacció. Justifiqueu si és possible que la radiació solar trenqui l'enllaç O—H, si suposem que la radiació solar que arriba a la superfície terrestre té una freqüència d'entre $5,0 \times 10^{14}$ i $1,0 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$.



DADES: Potencial estàndard de reducció, a 298 K: $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$; Energia de l'enllaç O—H (en condicions estàndard i a 298 K) = 463 kJ mol^{-1}

Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; Constant de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

9.- 14-S4-2 Les solucions aquoses dels àcids reaccionen amb molts metalls i produeixen hidrogen. Així, per exemple, quan deixem caure unes quantes gotes d'una solució aquosa de HCl sobre una làmina prima d'alumini, aquesta es forada a causa de la reacció següent:



- Justifiqueu que aquesta reacció és espontània en condicions estàndard i a 25 °C. Expliqueu raonadament quin reactiu és l'oxidant i quin reactiu és el reductor. Podem dur a terme la reacció entre l'alumini i l'àcid clorhídric en una pila per a generar corrent elèctric continu emprant un pont salí de $\text{KNO}_3(\text{aq})$. La notació d'aquesta pila és:



- Feu un dibuix de la pila i indiqueu-hi les polaritats dels elèctrodes. Justifiqueu cap a on es mouen els ions del pont salí quan la pila està en funcionament.

DADES: Potencial estàndard de reducció, a 25 °C: $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,66 \text{ V}$

10.- 14-S5-4 Volem muntar una pila, en condicions estàndard i a 298 K, que té la notació següent:



- Escriviu les semireaccions que es produeixen a l'ànode i al càtode i indiqueu-ne la polaritat. Escriviu la reacció global de la pila i calculeu-ne la força electromotriu.
- Expliqueu el procediment experimental per a construir aquesta pila al laboratori i mesurar-ne la força electromotriu. Indiqueu, també, el material i els reactius que necessiteu.

DADES: Potencial estàndard de reducció, a 298 K: $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) = -0,04 \text{ V}$

11.- 15-S2-2 Volem fabricar piles de diferent força electromotriu al laboratori i disposem d'elèctrodes dels metalls següents: coure, níquel i ferro. Preparem solucions de concentració $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ dels ions Cu^{2+} , Ni^{2+} i Fe^{2+} a partir de sals solubles en aigua i, a més, disposem d'una solució aquosa concentrada de KCl.

- De totes les piles que podem muntar, justifiqueu quina tindrà la força electromotriu màxima. Calculeu-ne la força electromotriu.
- Expliqueu com muntaríeu al laboratori una pila en què els elèctrodes fossin el níquel i el ferro, i esmenteu el material i els reactius necessaris. Dibuixeu un esquema de la pila i indiqueu la polaritat dels elèctrodes.

DADES: Supposeu que treballem en condicions estàndard i a 298 K . Potencial estàndard de reducció, a 298 K : $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$.

12.- 15-S4-5 Les bateries recarregables d'ió liti s'utilitzen en els dispositius mòbils i en els ordinadors. Contenen un elèctrode format pels materials $\text{LiCoO}_2(\text{s})$ i $\text{CoO}_2(\text{s})$, i un altre elèctrode format pels materials $\text{C}(\text{s})$ i $\text{LiC}_6(\text{s})$. La bateria té, a més, una substància entre els elèctrodes per a facilitar el moviment dels ions Li^+ .

- Quan aquesta bateria funciona com una pila, les semireaccions que es produeixen en els elèctrodes són:



Justifiqueu quina semireacció es produeix a l'ànode i quina es produeix al càtode, i escriviu la reacció global. Calculeu la força electromotriu de la bateria si sabem que la variació d'energia lliure de la reacció global és $-357,1 \text{ kJ}$ per mol de CoO_2 .

- Quan carreguem la bateria, efectuem un procés electrolític i regenerem CoO_2 i LiC_6 en els elèctrodes, segons les semireaccions següents:



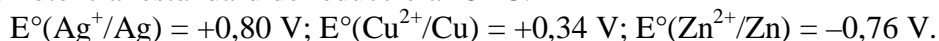
Calculeu la massa de LiC_6 que es formarà en un dels elèctrodes si carreguem la bateria durant $2,5 \text{ h}$ i hi fem passar una intensitat de corrent de $0,50 \text{ A}$.

DADES: Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$. Masses atòmiques: $\text{Li} = 6,9$; $\text{C} = 12,0$.

13.- 17-S1-2 Les reaccions redox s'utilitzen en molts processos de la química: per a generar energia elèctrica (pila), per a provocar reaccions químiques que no són espontànies (electròlisi) o per a obtenir substàncies de gran interès.

- Un grup d'estudiants vol muntar una pila al laboratori, en condicions estàndard i a 25°C . La pila té la notació següent: $\text{Ag}(\text{s}) \mid \text{Ag}^+(\text{aq}, 1 \text{ M}) \parallel \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1 \text{ M}) \mid \text{Zn}(\text{s})$
Expliqueu el procediment experimental que hauran de seguir per a construir aquesta pila i mesurar-ne la força electromotriu, i indiqueu el material i els reactius que necessitaran.
- En un altre experiment, els estudiants disposen de dos vasos de precipitats, cadascun dels quals conté una solució $1,0 \text{ M}$ de nitrat de coure(II), a 25°C . En el primer, hi introdueixen una làmina de zinc, i en el segon, un fil de plata. Justifiqueu si hi haurà reacció o no en cadascun dels vasos; en cas afirmatiu, escriviu la reacció igualada.

Dades: Potencial estàndard de reducció a 25°C :

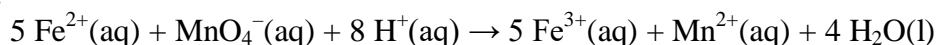


14.- 17-S2-2 En una activitat experimental, un grup d'alumnes disposen d'una làmina de níquel i una de plata per a muntar una pila en condicions estàndard.

- Digueu quins altres reactius i quins materials necessitaran. Dibuixeu un esquema de la pila, i escriviu les semireaccions de cada elèctrode i la reacció global.
- El voltatge de funcionament d'un LED va d' $1,4 \text{ V}$ a $2,2 \text{ V}$, aproximadament. A partir dels valors de la taula, justifiqueu que el LED no podrà emetre llum si munten la pila amb níquel i plata, i indiqueu quin canvi haurien de fer en la pila perquè el LED en pugui emetre.

Parell redox	Ag^+/Ag	Pb^{2+}/Pb	Ni^{2+}/Ni	Zn^{2+}/Zn
Potencial estàndard de reducció, E° (V)	+0,80	-0,13	-0,23	-0,76

15.- 18-S3-2 En la indústria farmacèutica sovint és necessari efectuar l'anàlisi de determinats metalls. Per exemple, per a determinar quantitativament el ferro que conté un comprimit multivitamínic, es dissol aquest comprimit en àcid i es duu a terme la valoració de l'ió Fe^{2+} emprant una solució de permanganat de potassi (KMnO_4) de concentració coneguda. La reacció de valoració és la següent:



- Justifiqueu que aquesta reacció de valoració és una reacció redox, i que és espontània en condicions estàndard i a 25 °C. Indiqueu, raonadament, quin dels reactius és l'oxidant.
- Al laboratori dissolem un comprimit multivitamínic de massa 105,0 mg en un matràs d'Erlenmeyer amb una mica d'àcid. Valorem aquesta solució amb KMnO_4 0,0108 M, i en necessitem 30,1 mL perquè la solució passi d'incolora a lila (punt final de la valoració). Calculeu el percentatge en massa de ferro en el comprimit.

Dades: Massa atòmica relativa: $\text{Fe} = 55,8$.

Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^{\circ}(\text{MnO}_4^{-}/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$; $E^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$.

16.- 18-S3-4 Un grup d'estudiants ha muntat tres piles al laboratori, i n'ha mesurat la força electromotriu, en condicions estàndard i a 298 K. Les dades experimentals que han obtingut són les següents:

Pila	Parells redox*		Força electromotriu (V)
	Pol negatiu	Pol positiu	
1	Mg^{2+}/Mg	Zn^{2+}/Zn	+1,62
2	Zn^{2+}/Zn	Cu^{2+}/Cu	+1,10
3	H^{+}/H_2	Cu^{2+}/Cu	+0,34

* Els parells redox estan representats com a parells de reducció, independentment de si en la semicel·la es produeix una semireacció de reducció o d'oxidació.

- Expliqueu el procediment experimental que cal seguir per a construir la pila 2 al laboratori i mesurar-ne la força electromotriu, i indiqueu el material i els reactius que necessiteu.
- El potencial estàndard d'elèctrode (E°) mesura la tendència d'un elèctrode a generar un procés de reducció. Per conveni internacional, a l'elèctrode estàndard d'hidrogen a 298 K se li assigna un valor de zero i, per tant, $E^{\circ}(\text{H}^{+}/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$. A partir de les dades experimentals obtingudes, calculeu el potencial estàndard de reducció de l'elèctrode de Mg, $E^{\circ}(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg})$, a una temperatura de 298 K.

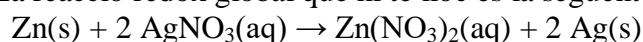
17.- 18-S5-5 Hem preparat al laboratori tres solucions aquoses, totes tres amb una concentració 1,0 M, de les sals solubles següents: AgNO_3 , $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$. Disposem també de làmines de níquel i de làmines de plata, i d'una solució aquosa de KNO_3 3,0 M.

- Expliqueu detalladament com muntaríeu una pila al laboratori amb els reactius de què disposem, i digueu quin material de laboratori necessitaríeu. Indiqueu quin elèctrode faria de càtode i quin d'ànode, i les semireaccions que s'hi produirien.
- En un vas de precipitats, voleu fer una reacció per a obtenir estany sòlid, i disposeu dels reactius indicats anteriorment. Justifiqueu quins dos reactius utilitzaríeu i escriviu l'equació de la reacció.

Nota: Considereu que les reaccions es duen a terme sempre a 25 °C.

Dades: Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^{\circ}(\text{Ag}^{+}/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$; $E^{\circ}(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$; $E^{\circ}(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,26 \text{ V}$.

18.- 19-S1-2 Hem muntat una pila al laboratori emprant una solució concentrada de nitrat de potassi com a pont salí. La reacció redox global que hi té lloc és la següent:



- Escriuiu les semireaccions que es produeixen en cada elèctrode, i especifiqueu quin és l'ànode i quin el càtode. Escriuiu també la notació de la pila.
- Raoneu cap a on es mouen els ions del pont salí. Calculeu la força electromotriu (FEM) de la pila en condicions estàndard i a 298 K.

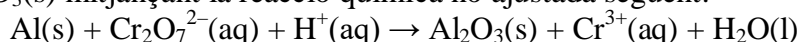
Dades: Potencials estàndard de reducció a 298 K: $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$.

19.- 19-S4-2 Uns estudiants que fan un experiment al laboratori han volgut comprovar si el magnesi i el coure poden generar hidrogen quan cadascun d'aquests metalls reacciona separatament amb una solució aquosa d'àcid clorhídric diluït. Els experiments que han dut a terme demostren que només un dels dos metalls reacciona amb l'àcid.

- Justifiqueu els resultats experimentals, identifiqueu el metall que reacciona amb l'àcid i escriuiu la reacció.
- En un altre experiment construeixen, en condicions estàndard i a 25 °C, una pila formada pels parells redox Mg^{2+}/Mg i Cu^{2+}/Cu . Escriuiu les reaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, i la reacció iònica global de la pila. Calculeu també la força electromotriu (FEM) d'aquesta pila.

Dades: Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37 \text{ V}$; $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$.

20.- 19-S5-7 Una indústria obté alumini metàl·lic, $\text{Al}(\text{s})$, a partir del mineral criolita. Posteriorment, i per a protegir-lo de la corrosió, la capa superficial de l'alumini metàl·lic es transforma en $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ mitjançant la reacció química no ajustada següent:



- Justifiqueu que la reacció de l'alumini metàl·lic amb l'ió dicromat en un medi àcid és una reacció redox. Escriuiu i ajusteu les semireaccions d'oxidació i de reducció, i la reacció redox. Raoneu quin dels reactius és l'oxidant.
- Expliqueu en què consisteix el procés de corrosió d'un metall i indiqueu els factors ambientals que el produeixen. Raoneu si, en les mateixes condicions ambientals, és més fàcil que es corroïxi l'alumini o el magnesi.

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

21.- 20-S1-7 L'any 2019 el Premi Nobel de Química va recompensar el desenvolupament de les bateries d'ió liti. Aquestes bateries s'utilitzen actualment en dispositius com telèfons mòbils, ordinadors portàtils i vehicles elèctrics.

Hi ha diversos models de bateries d'ió liti; en un dels models, l'elèctrode de liti és oxidat i l'elèctrode de sofre (S_8) és reduït a sulfur (S^{2-}) mitjançant un procés complex. La força electromotriu estàndard mesurada d'una d'aquestes bateries és 2,23 V.

- Escriuiu les semireaccions ajustades que tenen lloc a cada elèctrode i la reacció global. Indiqueu la polaritat i el nom dels elèctrodes. Calculeu el potencial estàndard de reducció per a la semireacció del sofre en aquesta bateria. [1,25 punts]
- Quants grams de liti es necessiten per a construir una bateria que funcioni durant 10 hores a una intensitat de 0,5 A? [1,25 punts]

Dades: $F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$. Massa atòmica del Li: 6,94. $E^\circ(\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,05 \text{ V}$.

22.- 20-S3-7 Disposem d'una solució de sulfat de coure(II) 1 M, una solució de sulfat de zinc 1 M, i una solució de KNO_3 3 M, així com de làmines metàl·liques de Zn i Cu.

- Justifiqueu, a partir dels potencials estàndard de reducció dels parells redox, quina làmina ha de ser l'ànode i quina el càtode per a construir una pila. Calculeu la força electromotriu de la pila. Escriuiu la notació esquemàtica de la pila. [1,25 punts]
- Escriuiu les reaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode i la reacció global de la pila. Expliqueu el procediment experimental que hauríem de seguir per a construir la pila. Indiqueu el material i els reactius que necessitem. [1,25 punts]

Dades: Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$. $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$.

23.- 20-S4-7 Els marcapassos són aparells que ajuden a salvar milers de vides a l'any mantenint el ritme del batec cardíac quan fallen els mecanismes del cor que tenen aquesta funció. Aquests aparells subministren un corrent elèctric al cor només en els moments en què necessita una estimulació. Alguns marcapassos estan formats per una pila de liti-iode, on trobem com a elèctrodes el Li(s) en el pol negatiu i el I₂(s) en el pol positiu.



- Escriuiu les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode de la pila de liti-iode. Escriuiu la reacció global i justifiqueu que és espontània en condicions estàndard i a 25 °C. [1,25 punts]
- Les característiques tècniques d'un marcapassos que acaben d'implantar a un pacient són: Intensitat de corrent = 0,100 A. Càrrega elèctrica màxima que pot subministrar = 6 480 C. Calculeu el temps, en hores, que podria funcionar sense interrupció aquest marcapassos. Quina massa mínima de liti ha de contenir la pila per a funcionar durant aquest temps? [1,25 punts]

Dades: Massa atòmica relativa: Li = 6,94. Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Potencials estàndard de reducció a 25 °C: $E^\circ(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0,54 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,02 \text{ V}$.

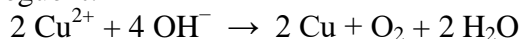
Electròlisi

1.- 11-S2-6 Tot i que els coberts de plata s'enfosqueixen per la reacció amb els compostos sulfurats que contenen els aliments, és corrent recobrir de plata coberts fabricats amb altres metalls més barats. Volem recobrir de plata una cullera mitjançant el procés electrolític d'una solució aquosa d'una sal de plata.

- Justifiqueu si la cullera ha d'actuar com a ànode o com a càtode de la cel·la electrolítica. Feu un dibuix esquemàtic d'aquest procés electrolític: indiqueu-hi el nom i la polaritat dels elèctrodes i la reacció que tindrà lloc a l'elèctrode on hi ha la cullera.
- Determineu quantes hores calen per a dur-ne a terme el recobriment, si la cullera té una superfície de 20 cm², el gruix del recobriment ha de ser de 0,010 cm i pel bany utilitzat hi passa un corrent de 0,020 A.

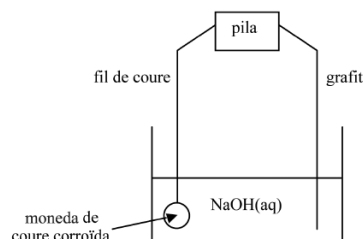
DADES: Densitat de la plata = 10,5 g cm⁻³. Massa atòmica relativa de la plata = 107,87. Constant de Faraday, $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

2.- 13-S1-7 Moltes monedes trobades en excavacions arqueològiques són de coure i, habitualment, estan corroïdes. Un procediment per a netejar-les consisteix a penjar-les d'un fil de coure, submergir-les en una solució aquosa de NaOH, afegir un elèctrode de grafit a la solució i connectar el fil de coure i el grafit a una pila, com s'observa en la figura. La reacció iònica global que es produeix és la següent:



- Escriuiu les semireaccions que tindran lloc en cadascun dels elèctrodes durant el procés de neteja de la moneda de coure corroïda i indiqueu el nom i la polaritat dels elèctrodes. Per què és necessari unir el fil de coure i el grafit amb una pila? [1p]
- Expliqueu en què consisteix el procés de corrosió d'un metall i indiqueu els factors ambientals que el produeixen. Indiqueu a partir de quin criteri deduíu quin metall es corroirà més fàcilment, d'una sèrie de metalls sotmesos a les mateixes condicions ambientals i durant el mateix temps.

Procés de neteja d'una moneda de coure



DADES: Potencial estàndard de reducció, a 298 K: $E^\circ(\text{O}_2/\text{OH}^-) = +0,40 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$

3.- 13-S4-3 El magnesi és un element metàl·lic que forma part de molts aliatges, però no es troba pur a la naturalesa. Es pot obtenir a partir d'alguna de les seves sals emprant una cel·la electrolítica.

- Escriu les semireaccions que es produeixen en cada elèctrode, i la reacció global, quan es duu a terme l'electròlisi de clorur de magnesi fos, i indiqueu el nom i la polaritat dels elèctrodes.
- Justifiqueu per què cal fer el procés d'obtenció de magnesi en una cel·la electrolítica i no en una cel·la galvànica (pila). Si per la cel·la electrolítica de clorur de magnesi fos hi circula una intensitat de corrent de 5,0 A, quantes hores han de transcórrer per aconseguir 100 g de magnesi?

DADES: Massa atòmica relativa: $Mg = 24,3$ Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Potencial estàndard de reducció: $E^\circ(Cl_2 / Cl^-) = +1,36 \text{ V}$; $E^\circ(Mg^{2+} / Mg) = -2,38 \text{ V}$

4.- 14-S3-7 En l'electròlisi d'una solució aquosa de iodur de potassi (KI) s'obté I_2 i H_2 . Per a dur a terme aquest procés d'electròlisi al laboratori, un estudiant fa el muntatge representat en la figura adjunta. L'estudiant ha introduït una solució aquosa de iodur de potassi 0,5 M en el tub en forma de U, i ha afegit unes gotes de fenoltaleïna al costat del tub on hi ha l'elèctrode que fa de càtode. A mesura que avança el procés electrolític, apareixen una coloració rosada en la zona del càtode i una coloració marronosa en la zona de l'ànode.



- Indiqueu la polaritat del càtode i la de l'ànode en aquest procés electrolític. Escriviu la semireacció que es produeix en el càtode i expliqueu raonadament la coloració que apareix en aquesta zona.
- Escriu la semireacció que es produeix en l'ànode. Quina massa de iode obtindreu si en el procés electrolític circula un corrent de 500 mA durant 40 minuts?

DADES: Massa atòmica relativa: $I = 126,9$; Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Fenoltaleïna: — forma àcida: incolora — forma bàsica: rosada — pH de viratge: 8,3-10,0

5.- 15-S5-4 Supposeu que quan està a punt de començar el partit de la final del Mundial de futbol del 2018 es descobreix que uns lladres n'han robat el trofeu, que és fet d'or. Com que no hi ha temps de fabricar-ne un de nou per a lliurar-lo a l'equip guanyador del partit, es decideix agafar una reproducció feta d'un metall corrent i recobrir-la d'una capa fina d'or mitjançant electròlisi.



- Feu un dibuix del muntatge experimental que proposaríeu per a recobrir la reproducció del trofeu d'una capa d'or, si disposéssiu d'una cel·la electrolítica, d'una solució aquosa de $AuCl_3$ i d'un elèctrode inert. Com s'anomena l'elèctrode on col·locaríem la reproducció del trofeu i quina polaritat té? Escriviu la semireacció que fa que l'or es dipositi sobre la reproducció del trofeu.
- Si la massa d'or que volem dipositar sobre el trofeu és de 23,16 g, quina intensitat mínima ha de tenir el corrent elèctric perquè puguem tenir daurada la rèplica del trofeu abans del final del partit?

DADES: Massa atòmica relativa: $Au = 197,0$; Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.
Durada d'un partit de futbol (incloent-hi el temps de descans) = 10^5 min .

6.- 16-S1-7 En joieria s'utilitza freqüentment el bany de rodi, ja que les joies recobertes amb aquest metall brillen molt i, a més, és una alternativa menys cara que el recobriment amb platí. Volem recobrir una medalla de plata amb rodi mitjançant electròlisi.

- Dibuixeu el muntatge experimental per a fer el recobriment de la medalla amb una capa de rodi si disposeu d'una cel·la electrolítica, d'una dissolució aquosa de sulfat de rodi(III) ($Rh_2(SO_4)_3$) i d'un elèctrode inert. Anomeneu els elèctrodes i indiqueu-ne la polaritat, i escriviu la semireacció que fa que el rodi es dipositi sobre la medalla.

- b) Per a obtenir un bon recobriment necessitem que es dipositin almenys 2,0 g de rodi. Si fem passar un corrent elèctric de 10 A durant 10 min, haurem dipositat prou rodi? Justifiqueu la resposta.

DADES: Massa atòmica relativa: $R_h = 102,9$. Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C (mol e}^{-})^{-1}$.

7.- 16-S3-3 Per electròlisi d'una dissolució aquosa de clorur d'or(III) (AuCl_3), s'obté clor gasós i es diposita or.

- Escriuiu les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, i la reacció global. Feu un esquema de la cel·la electrolítica, i indiqueu-hi l'elèctrode positiu i el negatiu, l'ànode i el càtode, el moviment dels ions a l'interior de la cel·la i el dels electrons pel circuit exterior.
- Calculeu el nombre d'àtoms d'or i el nombre de molècules de clor que s'obtenen quan un mol d'electrons ha passat pel circuit.

DADA: Nombre d'Avogadro: $N_A = 6,023 \times 10^{23}$

8.- 16-S5-2 L'electròlisi és un procés en què s'aporta energia elèctrica perquè es produeixi una reacció redox no espontània. Mitjançant l'electròlisi d'una solució aquosa de clorur de coure(II), emprant dos elèctrodes inerts de grafit, s'obté $\text{Cl}_2(\text{g})$ a l'ànode i es diposita $\text{Cu}(\text{s})$ al càtode.

- Escriuiu les semireaccions que tenen lloc a l'ànode i al càtode, indiqueu la polaritat dels elèctrodes i digueu si la semireacció és d'oxidació o de reducció. Escriuiu l'equació química global que es produeix en el procés d'electròlisi.
- Al laboratori duem a terme l'electròlisi d'una solució aquosa de clorur de coure(II) durant 60 minuts, emprant un corrent continu d'1,30 A, i obtenim 1,54 g de $\text{Cu}(\text{s})$. Calculeu la massa atòmica del coure.

DADA: Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C (mol e}^{-})^{-1}$.

9.- 17-S5-2 Una de les utilitats de l'electròlisi és l'obtenció d'alguns metalls. Per exemple, el magnesi s'obté industrialment per electròlisi del clorur de magnesi (MgCl_2) procedent de salmorres o de l'aigua de mar. En aquesta electròlisi, el clorur de magnesi es troba en estat líquid o fos.

- Escriuiu les semireaccions que tenen lloc a cadascun dels elèctrodes durant el procés d'electròlisi del clorur de magnesi fos, i també la reacció iònica global. Indiqueu el nom i la polaritat dels elèctrodes.
- Calculeu la massa de magnesi que obtindrem si hi fem passar un corrent elèctric de 200 A durant 18 h.

Dades: Massa atòmica relativa: $\text{Mg} = 24,3$. Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C (mol e}^{-})^{-1}$.

10.- 18-S1-4 El cobalt és un metall indispensable per a millorar el rendiment dels automòbils elèctrics, i també s'utilitza perquè les bateries dels telèfons mòbils durin més temps. Mitjançant l'electròlisi d'una solució de iodur de cobalt(II) (CoI_2) podem obtenir cobalt metàl·lic i iode (I_2).

- Feu un dibuix esquemàtic d'aquest procés electrolític, i indiqueu el nom i la polaritat dels elèctrodes. Escriuiu la semireacció que té lloc en l'elèctrode de polaritat positiva.
- Calculeu la massa de cobalt que obtindrem en un dels elèctrodes quan fem passar un corrent d'1,8 A a través d'una solució de iodur de cobalt(II) durant 90 minuts.

Dades: Massa atòmica relativa: $\text{Co} = 59,0$. Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

11.- 18-S5-3 Una de les aplicacions industrials de l'electròlisi és el recobriment metàl·lic (niquelats, daurats, cromats o platejats). Volem recobrir de plata una barra metàl·lica mitjançant l'electròlisi d'una solució de nitrat de plata.

- Dibuixeu el muntatge experimental que faríeu per dur a terme aquesta electròlisi al laboratori. Indiqueu-hi l'ànode i el càtode, així com les polaritats de tots dos. Justifiqueu en quin elèctrode hem de col·locar la barra metàl·lica per aconseguir que quedi recoberta de plata.

- b) Tenim una barra metàl·lica amb una superfície de 20 cm^2 i la volem recobrir d'una capa de plata que tingui un gruix de 2 mm. Calculeu quant de temps durarà l'operació de platejat si utilitzem un corrent de 5,0 A.

Dades: Densitat de la plata = $10,5 \text{ g cm}^{-3}$. Massa atòmica relativa: $\text{Ag} = 107,8$.
Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

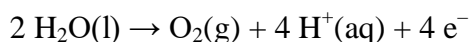
12.- 19-S1-6 El magnesi s'utilitza per a protegir les canonades subterrànies de la corrosió. Aquest procediment químic, anomenat *protecció catòdica*, es duu a terme soldant trossos de magnesi a les canonades de ferro.

- a) En què consisteix el procés de corrosió d'un metall? Justifiqueu per què el magnesi protegeix les canonades de ferro subterrànies.
b) El magnesi metàl·lic es pot obtenir mitjançant l'electròlisi de clorur de magnesi fos. Justifiqueu quina substància gasosa es produeix a l'ànode en aquest procés electrolític. Quin volum d'aquest gas obtindrem, mesurat a 2,0 atm i 25°C , si es fa passar un corrent de 2,50 A durant 550 minuts a través del clorur de magnesi fos?

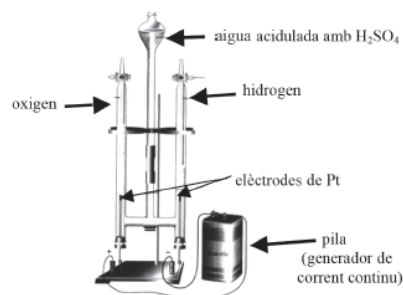
Dades: Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$. Constant universal dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Potencials estàndard de reducció a 298 K: $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,34 \text{ V}$.

13.- 19-S4-7 L'electròlisi de l'aigua es pot efectuar amb un voltàmetre de Hofmann, com es mostra a la figura:

En un dels elèctrodes s'obté oxigen segons la semireacció següent:



- a) Escriviu la semireacció que té lloc a l'altre elèctrode i indiqueu la polaritat de cada elèctrode. Quin gas es produeix a l'ànode i quin al càtode? En tots els processos electrolítics cal subministrar energia mitjançant una pila? Justifiqueu les respostes.
b) El nombre d'Avogadro (N_A), que indica el nombre de partícules que conté un mol de partícules, es pot obtenir de manera experimental mitjançant una electròlisi. Al laboratori hem dut a terme una electròlisi d'aigua; hem subministrat a la cel·la electrolítica un corrent elèctric de 2,0 A durant 60 minuts i hem obtingut 419 mL d'oxigen, mesurats a 1,0 atm i 273 K. Calculeu el nombre d'Avogadro.



Dades: Càrrega elèctrica: 1 electró = $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$. $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

14.- 20-S4-2 L'electròlisi d'una solució aquosa que conté el clorur d'un metall divalent, MCl_2 , ens permet obtenir el metall, $\text{M}(\text{s})$, amb un alt grau de puresa.

- a) Feu un dibuix esquemàtic d'aquest procés electrolític, i indiqueu-hi el nom de les diferents parts de què consta i per a què serveixen. [1,25 punts]
b) Efectuem l'electròlisi d'una solució aquosa de MCl_2 durant 300 min emprant un corrent constant de 3,25 A i obtenim 19,820 g de $\text{M}(\text{s})$. Quin dels metalls de la taula conté la sal MCl_2 ? [1,25 punts]

Nombre atòmic	24	25	26	27	28	29	30
Símbol	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Massa atòmica	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,38
	42	43	44	45	46	47	48
	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
	95,95	97	101,07	102,91	106,42	107,87	112,41

Dada: Constant de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$.