Química

Equilibri químic

Exercicis · 64 exercicis

Proves d'accés a la universitat (PAU) de Catalunya. Ordenats del més recent al més antic.
Retalls dels exàmens i pautes oficials (selecat.cat / universitats.gencat.cat).

Exercici 1

[2,5 punts en total]

Puntuació total de l'exercici 1	

La pluja àcida és un tipus de precipitació que presenta un pH especialment àcid (pH 4-5) i que té efectes adversos en els boscos i en la flora i la fauna aquàtiques. Aquest fenomen apareix sobretot en ambients rics en triòxid de sofre, ja que aquest compost genera àcid sulfúric en reaccionar amb el vapor d'aigua de l'atmosfera. Una de les vies de formació de triòxid de sofre a l'atmosfera és a partir del diòxid de nitrogen i el diòxid de sofre, que són contaminants ambientals derivats de l'activitat humana. Aquests dos gasos reaccionen entre ells i donen lloc a un equilibri químic amb el monòxid de nitrogen i el triòxid de sofre, tal com es mostra a l'equació següent:

$$NO_2(g) + SO_2(g) \rightleftharpoons NO(g) + SO_3(g)$$

1.1. Quan aquesta reacció es duu a terme en un recipient tancat de 2 L a una temperatura de 1 150 °C, les quantitats de cada substància un cop assolit l'equilibri són 0,2 mol de NO_2, 1,6 mol de SO_2, 0,8 mol de NO i 1,2 mol de SO_3. Calculeu la constant d'equilibri K_c de la reacció en aquestes condicions.

Si s'afegissin 10 g addicionals de NO a aquest sistema en equilibri, quines serien les concentracions finals que s'obtindrien en la nova situació d'equilibri per a cadascuna de les espècies implicades en la reacció?

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.1	

1.2. S'ha estudiat la variació de la constant d'equilibri K_c de la reacció anterior segons la temperatura, i s'han obtingut els resultats que es mostren a la taula següent:

Temperatura (°C)	460	800
K_c	84,3	9,6

Justifiqueu si la reacció entre NO_2 i SO_2 per a produir NO i SO_3 és un procés endotèrmic o exotèrmic.

Expliqueu de manera raonada si s'afavoreix la pluja àcida quan: *a*) augmenta la pressió atmosfèrica i *b*) augmenta la quantitat de monòxid de nitrogen a l'atmosfera produït per altres processos.

[1,25 punts]

Puntuació de l'apartat 1.2	

DADES: Masses atòmiques relatives: N = 14,0; O = 16,0; S = 32,0.

Exercici 1



Una font important de contaminació atmosfèrica causada pel trànsit a les ciutats és la formació d'òxids de nitrogen. El monòxid de nitrogen s'origina per la combustió del nitrogen de l'aire a elevades temperatures en els motors dels vehicles. Es produeix mitjançant la reacció següent:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,NO(g)$$

La constant d'equilibri en concentracions (K_c) d'aquesta reacció és $1{,}0 \times 10^{-30}$ a 298 K, però a una temperatura de 1100 K és $1{,}0 \times 10^{-5}$.

a) Si aquesta reacció es duu a terme dins un recipient tancat que té un volum fix de 500 cm^3, a 1100 K, i en el qual s'han introduït 0,5 mol de nitrogen i 0,5 mol d'oxigen, quines seran les concentracions dels tres gasos una vegada assolit l'equilibri?
[1,25 punts]

b) Justifiqueu si la reacció és endotèrmica o exotèrmica i raoneu si el rendiment de la reacció és més gran a temperatures altes o baixes. Raoneu com afecta a l'equilibri i al rendiment de la reacció un augment de la pressió a temperatura constant dins el recipient. Calculeu la constant d'equilibri K_p a 1100 K.
[1,25 punts]

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

Exercici 2

L'amoníac verd no s'obté a partir de les plantes. Per a produir-lo cal aconseguir primer hidrogen verd mitjançant un procés d'electròlisi de l'aigua amb energia elèctrica generada a partir de fonts renovables. Posteriorment, l'hidrogen reacciona amb nitrogen atmosfèric a través d'un procés conegut com a *síntesi de Haber-Bosch*, que permet l'obtenció d'amoníac en presència d'un catalitzador. Aquest procés no és econòmic per les condicions de pressió i temperatura que requereix i l'ús de catalitzadors.

En un reactor d'acer d'una planta pilot s'introdueix una barreja de nitrogen atmosfèric i hidrogen verd i s'escalfa a 1 000 K, fins que s'assoleix l'equilibri.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g) \quad \Delta H < 0$$

a) S'analitza el contingut de la mescla. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Substància	*Concentració en l'equilibri (mol L^{-1})*
$N_2(g)$	0,142
$H_2(g)$	1,84
$NH_3(g)$	0,36

Escriviu l'expressió de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció i calculeu el seu valor a 1 000 K. Calculeu també el valor de la constant d'equilibri K_p a 1 000 K.

[1,25 punts]

b) Responeu raonadament a les preguntes següents:

— Per a obtenir un major rendiment de la reacció, és millor dur a terme la reacció a pressions altes o baixes?

— El rendiment augmenta a temperatures altes o baixes?

— Segons el model cinètic de col·lisions, la reacció es produiria a més velocitat a temperatures altes o baixes?

[1,25 punts]

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

4. El tetraòxid de dinitrogen (N_2O_4) és un oxidant molt tòxic i corrosiu. Es fa servir com a propel·lent de coets i també és un poderós reactiu utilitzat en síntesis químiques. Forma part, juntament amb altres òxids de nitrogen, de la pol·lució de les grans ciutats a causa de la combustió en els motors d'explosió.



El tetraòxid de dinitrogen es transforma en diòxid de nitrogen (NO_2) a 373 K segons la reacció següent:

$$N_2O_4(g) \rightleftarrows 2\,NO_2(g)$$

a) Un matràs de 2,0 L a 373 K conté una mescla en equilibri formada per 0,20 mol de N_2O_4 i 0,29 mol de NO_2. Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) i la constant d'equilibri en pressions (K_p) a aquesta temperatura.

[1,25 punts]

b) El N_2O_4 és un gas incolor i el NO_2 és un gas marró i més tòxic. A l'estiu, en ciutats contaminades, i especialment si no hi ha vent, l'ambient té un color més marronós que a l'hivern. En aquests casos, quin compost de nitrogen és el que predomina a l'aire a l'estiu? Com afecta a l'equilibri un augment de la temperatura? Justifiqueu les respostes. Raoneu si la reacció de dissociació del N_2O_4 és endotèrmica o exotèrmica i expliqueu si els canvis de pressió afecten l'equilibri i, en cas que l'afectin, expliqueu com. Considereu que la temperatura es manté constant.

[1,25 punts]

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

4. L'acetat d'etil (també anomenat *etanoat d'etil*) és un dissolvent orgànic utilitzat àmpliament en diferents sectors industrials, com el de pintures i vernissos, el de cosmètics i perfumeria, l'alimentari, el farmacèutic o el d'adhesius. L'acetat d'etil s'obté principalment mitjançant la reacció d'esterificació de Fisher a partir d'àcid acètic i etanol, en presència d'un catalitzador àcid i calor, segons la reacció següent, en què també s'obté aigua:

$$CH_3COOH(l) + CH_3CH_2OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3(l) + H_2O(l)$$

Els envasos de l'àcid acètic i de l'etanol se subministren etiquetats amb els pictogrames següents:



Pictograma 1 Pictograma 2 Àcid acètic

Pictograma 3 Pictograma 4 Etanol

a) Es fan reaccionar 115,0 mL d'etanol amb 1,0 mol d'àcid acètic. Quan la reacció arriba a l'equilibri queden 0,15 mol d'àcid acètic sense reaccionar. Determineu el valor de la constant d'equilibri (K_c) de la reacció. Considereu que el volum de la mescla líquida de reacció es manté constant durant el procés. Indiqueu què representen cadascun dels pictogrames de l'àcid acètic i l'etanol, i quins problemes poden causar.

[1,25 punts]

b) Per a aconseguir el màxim rendiment en un procés industrial d'obtenció d'acetat d'etil, s'utilitzen principalment dues estratègies:

— realitzar la reacció amb un gran excés d'etanol;

— anar eliminant l'aigua del recipient de reacció.

Raoneu per què aquestes dues estratègies fan augmentar el rendiment de la reacció. Expliqueu quin efecte tindria sobre el rendiment de la reacció el fet de no utilitzar un catalitzador.

[1,25 punts]

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.
Densitat de l'etanol: 0,80 g mL^{-1}.

6. PAU 2023 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 3

3. El diòxid de sofre és un gas que s'origina sobretot durant la combustió de combustibles fòssils que contenen sofre (petroli i combustibles sòlids com ara el carbó), tot i que també es pot produir a partir del triòxid de sofre (SO_3) segons la reacció següent:

$$2\,SO_3(g) \rightleftarrows 2\,SO_2(g) + O_2(g)$$

a) En la taula adjunta es recullen els valors, a diferents temperatures, de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) d'aquesta reacció. Raoneu com afecta a l'equilibri i a la K_c un increment de temperatura, tant si la reacció és endotèrmica com si és exotèrmica. Justifiqueu si la reacció de formació de diòxid de sofre és exotèrmica o endotèrmica. Expliqueu com afecta a l'equilibri i al rendiment de la reacció:
— un augment de la pressió, mantenint la temperatura constant;
— un augment del volum, mantenint la temperatura constant.
[1,25 punts]

b) Col·loquem una quantitat de triòxid de sofre en un recipient tancat de 0,80 L a 1 000 K. Comprovem que a l'equilibri hi ha 2 mol d'oxigen. Calculeu les concentracions de les substàncies presents a l'equilibri.
[1,25 punts]

DADES: Constants d'equilibri en concentracions a diferents temperatures:

T (K)	298	400	600	800	1 000
K_c	$1{,}19 \times 10^{-26}$	$5{,}42 \times 10^{-18}$	$4{,}02 \times 10^{-10}$	$1{,}97 \times 10^{-5}$	$3{,}2 \times 10^{-3}$

3. El clorur de sulfuril (SO_2Cl_2) és un líquid a temperatura ambient d'olor punyent que sovint s'utilitza com a font de clor gasós, ja que pel fet de ser un líquid és més fàcil d'emmagatzemar i manipular. És molt emprat en la síntesi de compostos orgànics per a transformar enllaços C–H en enllaços C–Cl. També s'ha utilitzat, en el tractament de la roba de llana, perquè no s'encongeixi. El clorur de sulfuril s'obté industrialment per reacció entre el clor i el diòxid de sofre, emprant carbó actiu com a catalitzador. S'ha realitzat la reacció d'obtenció de SO_2Cl_2 en un recipient tancat d'1,0 L a 400 K:

$$Cl_2(g) + SO_2(g) \rightleftarrows SO_2Cl_2(g) \qquad \Delta H^\circ < 0$$

a) Quan la reacció ha arribat a l'equilibri, s'ha comprovat que el recipient contenia 0,40 mol de SO_2Cl_2, 0,10 mol de SO_2 i 0,50 mol de Cl_2. Determineu el valor de la constant d'equilibri en concentracions (K_c). Si, després d'assolir l'equilibri, s'addicionen 0,30 mol de SO_2 a la mescla de reacció, quina és la nova concentració de clorur de sulfuril en l'equilibri?

[1,25 punts]

b) Raoneu quin efecte tindria sobre el rendiment de la reacció:

— un augment de la temperatura del recipient;
— un augment del volum del recipient;
— l'eliminació del catalitzador.

Raoneu també quin efecte tindrien sobre el valor de la K_c les tres accions mencionades anteriorment.

[1,25 punts]

4. El iodur d'hidrogen és un gas incolor, fàcilment soluble en aigua, que s'utilitza en química com a agent reductor. El podem sintetitzar a partir de iode i hidrogen, en fase gasosa, segons la reacció següent:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2\,HI(g) \quad K_c\ (\text{a } 703\ \text{K}) = 54{,}3$$

En un reactor d'1,00 L barregem 0,0130 mol de H_2, 0,0080 mol de I_2 i 0,0440 mol de HI; ho escalfem a 703 K de temperatura, i s'inicia la reacció. Dues hores més tard, observem que el reactor conté 0,0480 mol de HI.

a) Calculeu les concentracions de les tres substàncies quan han transcorregut dues hores des de l'inici de la reacció, i el valor del quocient de reacció (Q) en aquest moment. Digueu si el contingut del reactor està en equilibri o no ho està, i justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

b) Suposeu que, després de cinc hores, la quantitat de HI s'estabilitza, de manera que ni augmenta ni disminueix si deixem transcórrer més temps. Justifiqueu quin efecte tindria sobre la quantitat de mols de HI si, en aquest moment:

— disminuïm el volum del reactor;
— eliminem una part de l'hidrogen gasós del reactor;
— introduïm un catalitzador al reactor;
— augmentem la temperatura del reactor.

[1,25 punts]

DADA: Entalpia estàndard de formació a 298 K: $\Delta H_f^\circ\ (\text{HI}) > 0$.

9. PAU 2022 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 2

2. L'amoníac té moltes aplicacions tant domèstiques com industrials, entre les quals una de les més esteses és la fabricació d'adobs. L'obtenció d'amoníac per mitjà de l'anomenat *mètode de Haber-Bosch* fou el primer procés químic industrial a utilitzar l'alta pressió per a una reacció química. L'amoníac s'obté en la reacció directa entre els gasos nitrogen i hidrogen a pressions extremament altes (entre 200 i 400 atm) i a temperatures d'entre 200 i 600 °C.

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g) \quad \Delta H° \text{ (a 298 K)} < 0$$

a) En un reactor de 25,0 L a 440 °C s'introdueixen 5,0 mol d'hidrogen i 2,0 mol de nitrogen. Quan el sistema arriba a l'equilibri s'obtenen 50,0 g d'amoníac. Calculeu els valors de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) i la constant d'equilibri en pressions (K_p) a aquesta temperatura.
[1,25 punts]

b) Per a aconseguir el màxim rendiment en l'obtenció de l'amoníac, el procés de Haber-Bosch es realitza a pressió elevada i es va eliminant l'amoníac del reactor a mesura que s'obté. Justifiqueu per què es realitzen aquestes dues operacions. Com afectarà un increment de temperatura al rendiment de la reacció i a la constant d'equilibri en concentracions (K_c)?
[1,25 punts]

DADES: Masses atòmiques relatives: N = 14,0; H = 1,0.
Constant universal dels gasos ideals:
$R = 8{,}314\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1} = 0{,}082\ \text{atm L K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$.

10. PAU 2022 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5

5. La formamida, també coneguda com a *metanamida*, s'utilitza en la fabricació de paper com a suavitzant per a descompondre les fibres del paper. A altes temperatures, la formamida ($HCONH_2$) es descompon en amoníac i monòxid de carboni d'acord amb l'equilibri següent:

$$HCONH_2(g) \rightleftarrows NH_3(g) + CO(g) \quad \Delta H° > 0$$

a) En un recipient de 10,0 L de volum, on prèviament s'ha fet el buit, hi dipositem 9,0 g de formamida i l'escalfem fins a aconseguir una temperatura de 500 K. Una vegada assolit l'equilibri, la pressió a l'interior del reactor arriba a 1,56 atm. Determineu el valor de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) i la constant d'equilibri en pressions (K_p) a 500 K.

[1,25 punts]

b) Raoneu com es veurien afectats el rendiment de la reacció i la constant d'equilibri en concentracions (K_c) si:

— augmentem el volum del recipient;
— augmentem el nombre de mols de CO;
— augmentem la temperatura;
— afegim un catalitzador.

[1,25 punts]

DADES: Masses atòmiques relatives: C = 12,0; H = 1,0; O = 16,0; N = 14,0.
Constant universal dels gasos ideals:
$R = 8{,}314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1} = 0{,}082\ atm\ L\ K^{-1}\ mol^{-1}$.

11. PAU 2022 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 7

7. L'any 1772, el químic anglès Joseph Priestley obtingué per primera vegada oxigen escalfant òxid de mercuri(II) sòlid. Actualment, sabem que quan aquest compost s'escalfa es descompon reversiblement en vapor de mercuri i oxigen gasós, segons l'equilibri heterogeni següent:



$$2\ HgO(s) \rightleftarrows 2\ Hg(g) + O_2(g) \quad K_c\ (\text{a } 400\ °C) = 1{,}19 \times 10^{-7};\ \Delta H°\ (\text{a } 400\ °C) > 0$$

a) Introduïm 0,10 mol d'òxid de mercuri(II) en un recipient rígid de 10 L. Posteriorment, el tapem i l'escalfem fins a 400 °C. Determineu la massa d'oxigen que obtenim quan s'assoleix l'equilibri.

[1,25 punts]

b) Suposeu que realitzem l'experiment de l'apartat anterior escalfant el recipient només fins a 300 °C, sense modificar la quantitat d'òxid de mercuri(II) que hi introduïm ni el volum del recipient. Obtindrem més o menys massa d'oxigen? Haurà canviat el valor de la constant d'equilibri en concentracions, K_c? Justifiqueu les respostes.

[1,25 punts]

DADA: Massa atòmica relativa: O = 16,0.

12. PAU 2021 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2

2. El 14 de gener de 2020 es va produir una gran explosió en una indústria de Tarragona dedicada a la fabricació d'òxid d'etilè. Aquest producte químic s'obté a partir de l'oxidació de l'etilè amb un excés d'oxigen, emprant plata com a catalitzador, segons l'equació química següent:

$$2\,C_2H_4(g) + O_2(g) \xrightleftarrows{Ag(s)} 2\,C_2H_4O(g) \quad \Delta H^\circ\,(\text{a } 298\text{ K}) = -210\text{ kJ}$$

a) En un reactor d'1,00 L, i a la temperatura de 298 K, aconseguim obtenir 0,51 mol d'òxid d'etilè fent reaccionar 2,5 mol d'etilè i 1,0 mol d'oxigen en presència de plata. Determineu el valor de la constant d'equilibri en concentracions (K_c) a 298 K. Digueu si el valor de la constant d'equilibri en pressions (K_p) és igual o diferent que el valor de la constant d'equilibri en concentracions a 298 K, i justifiqueu la resposta.
[1,25 punts]

b) Tindrem un rendiment de la reacció més favorable si la duem a terme en un reactor d'1,00 L i a la temperatura de 400 K? I si la duem a terme en un reactor de 0,50 L i a la temperatura de 298 K? Si mantenim el volum i la temperatura del reactor (1,00 L i 298 K), però no hi introduïm plata, disminuiria la concentració d'òxid d'etilè quan s'assolís l'equilibri? Raoneu les respostes.
[1,25 punts]

DADA: Constant dels gasos ideals: $R = 8{,}31\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1} = 0{,}082\text{ atm L K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$.

13. PAU 2021 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 7

7. El clor és un dels elements més utilitzats en la nostra societat i forma part de molts productes que fem servir en la vida quotidiana. És utilitzat directament com a agent desinfectant i blanquejant, i també com a matèria primera en la producció de polímers com el PVC. En el procés Deacon, el clor s'obté industrialment per oxidació de l'àcid clorhídric segons la reacció química següent:

$$4\,HCl(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,H_2O(g) + 2Cl_2(g) \quad \Delta H^\circ < 0$$

Introduïm 32,85 g de HCl i 38,40 g de O_2 en un reactor tancat de 10 L en el qual prèviament hem fet el buit. Escalfem la barreja de reacció a 390 °C, i quan s'assoleix l'equilibri observem que hem obtingut 28,40 g de Cl_2.

a) Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció, a 390 °C.
[1,25 punts]

b) Raoneu com es veurien afectats el rendiment de la reacció i la constant d'equilibri en concentracions (K_c) si:
— disminuïm el volum del recipient;
— augmentem la massa inicial de O_2;
— augmentem la temperatura;
— afegim un catalitzador.
[1,25 punts]

DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; O = 16,0; Cl = 35,5.

Etiqueta de l'alumne/a

Institut d'Estudis Catalans

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Oficina d'Accés a la Universitat

2021

Proves d'accés a la universitat

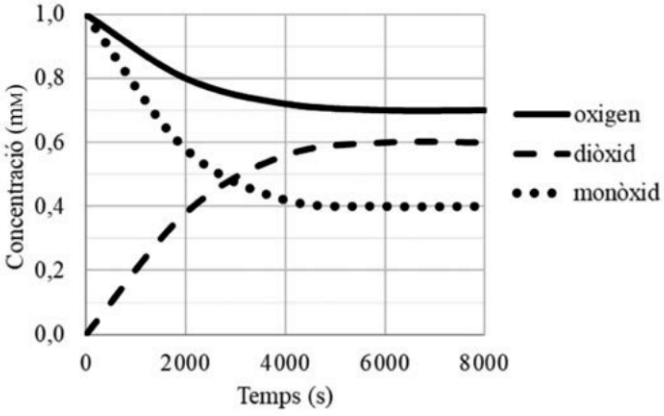
Química

6. Segons l'Organització Mundial de la Salut, hi ha grans ciutats del nostre país que superen els llindars permesos de gas NO_2, establerts en 40 $\mu g\,m^{-3}$ de mitjana anual, la qual cosa provoca diversos problemes de salut respiratòria. Aquest gas prové majorment de la conducció de vehicles amb combustible derivat del petroli.

La reacció de formació de NO_2 és un procés que arriba a l'equilibri d'acord amb l'equació química següent:

$$2\,NO(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,NO_2(g)$$

Per a determinar la constant d'equilibri de l'equació química anterior, vam fer un experiment en un recipient tancat i vam obtenir els resultats següents:



a) Determineu el valor de les concentracions en l'equilibri de cada gas expressades en unitats de molaritat. Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció. Digueu si en algun moment la concentració de diòxid de nitrogen ha superat el llindar establert per l'Organització Mundial de la Salut, i justifiqueu la resposta.

[1,25 punts]

b) Experimentalment, s'ha demostrat que el valor de la constant d'equilibri K_c disminueix en augmentar la temperatura. Raoneu si el procés és exotèrmic o endotèrmic. Determineu si es formarà més diòxid de nitrogen a l'estiu o a l'hivern.

[1,25 punts]

DADES: 1 mM = 1×10^{-3} M.
Masses atòmiques relatives: N = 14,0; O = 16,0.

15. PAU 2020 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 5

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*:

$$2\,NO(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,NO_2(g) \quad K_c\,(a\ 20\,°C) = 3{,}21 \times 10^2;\ \Delta H°\,(a\ 20\,°C) > 0$$

Basant-nos en els llindars 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 ($\mu g \cdot m^{-3}$)*
Bo	0-40
Moderat	40-140
Regular	140-160
Dolent	160-200
Molt dolent	> 200

FONT: *https://ajuntament.barcelona.cat/qualitataire/ca.*

a) En un dia i una hora determinats, i a la temperatura de 20 °C, l'aire de Barcelona conté en equilibri $8{,}31 \times 10^{-2}$ mol · L^{-1} d'oxigen i $4{,}20 \times 10^{-10}$ mol · 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]

b) 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 g = 10^6 µg.

16. PAU 2020 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5

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

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,NO(g)$$

La constant d'equilibri K_c de la reacció ajustada per a formar 2 mols de NO a una temperatura de 2 000 K és $4{,}0 \times 10^4$.

a) Indiqueu la relació entre la K_p i la K_c. Calculeu K_p.

[1,25 punts]

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

17. PAU 2020 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3

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 $SO_2(g)$ i $O_2(g)$ d'acord amb la reacció ajustada següent:

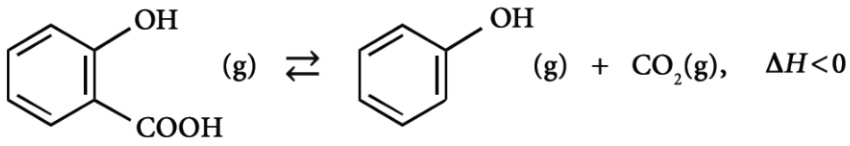
$$SO_3(g) \rightleftarrows SO_2(g) + \tfrac{1}{2}\, O_2(g) \qquad \Delta H^\circ > 0$$

a) 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]

b) 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]

18. PAU 2019 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 5

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:



àcid salicílic fenol

En el curs d'un experiment, introduïm 0,345 3 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.

a) Calculeu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció de descomposició de l'àcid salicílic a 473 K.
[1 punt]

b) 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.
[1 punt]

DADES: Massa molecular de l'àcid salicílic = 138,12 g mol^{-1}.
Constant universal dels gasos ideals: $R = 0{,}082$ atm L K^{-1} mol^{-1}.

19. PAU 2018 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 1

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:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows NO(g), \quad K_c \text{ (a 2 000 °C)} = 0{,}100, \quad \Delta H° > 0$$

***a*)** 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 2 000 °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. [1 punt]

***b*)** 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. [1 punt]

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

20. PAU 2018 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 5

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:

$$COCl_2(g) \rightleftarrows CO(g) + Cl_2(g)$$

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.

***a*)** 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. [1 punt]

***b*)** 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. [1 punt]

21. PAU 2018 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 4

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:

$$H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2\ HI(g)$$

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

a) 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.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

22. PAU 2017 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 6

6. El naftalè sòlid, $C_{10}H_8(s)$, 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:

$$C_{10}H_8(s) \rightleftarrows C_{10}H_8(g) \quad K_c\ (\text{a } 298\ \text{K}) = 4{,}29 \times 10^{-6} \quad \Delta H°\ (\text{a } 298\ \text{K}) = 72{,}0\ \text{kJ mol}^{-1}$$



a) 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.

[1 punt]

b) De quin signe és la variació d'entropia estàndard ($\Delta S°$) del procés de sublimació del naftalè? Quin efecte té la temperatura en l'espontaneïtat d'aquest procés? Justifiqueu les respostes.

[1 punt]

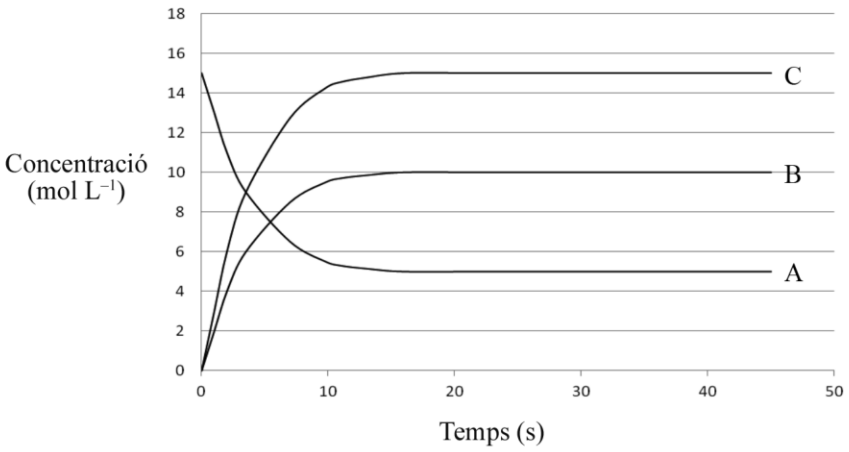
DADES: Masses atòmiques relatives: H = 1,0; C = 12,0.

23. PAU 2017 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 4

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:

$$2\,A(g) \rightleftarrows 2\,B(g) + 3\,C(g)$$

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



a) 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.
[1 punt]

b) 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.
[1 punt]

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

24. PAU 2017 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5

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:

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\,SO_3(g)$$

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

a) 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.
[1 punt]

b) 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?
[1 punt]

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

25. PAU 2016 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 2

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:

$$CO(g) + 2\,H_2(g) \rightleftarrows CH_3OH(g)$$

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.

a) Calculeu la constant d'equilibri en pressions (K_p) i la constant d'equilibri en concentracions (K_c) a 673 K.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

26. PAU 2016 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 6

6. La síntesi de l'amoníac es produeix per reacció entre el nitrogen i l'hidrogen, segons l'equació química següent:

$$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g)$$

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:

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

[1 punt]

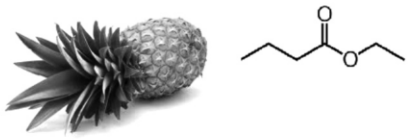
b) La constant d'equilibri en concentracions K_c.

[1 punt]

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

27. PAU 2016 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 3

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:



Butirat d'etil

$$CH_3CH_2CH_2COOH(l) + CH_3CH_2OH(l) \rightleftarrows CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3(l) + H_2O(l)$$

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.

a) 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?

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

28. PAU 2015 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 6

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:

$$2\,NO(g) + 2\,H_2(g) \rightleftarrows N_2(g) + 2\,H_2O(g) \qquad \Delta H < 0$$

a) 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.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

29. PAU 2015 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 1

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:

$$2\ NO_2(g) \rightleftarrows 2\ NO(g) + O_2(g)$$

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.

a) 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.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

30. PAU 2015 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4

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:

$$2\ NO(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2\ NO_2(g) \qquad K_p\ (\text{a } 430\ °C) = 1{,}5 \times 10^5$$

a) 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.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

31. PAU 2014 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 1

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 $H_2(g)$ i 5,40 mols de $I_2(g)$ 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.

a) 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.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

32. PAU 2014 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 6

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:

$$2\,NaN_3(s) \leftrightarrows 2\,Na(s) + 3\,N_2(g) \qquad \Delta H\ (\text{a } 600\ \text{K}) > 0$$

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.

a) Determineu la constant d'equilibri en concentracions, K_c, de la reacció de descomposició de l'azida de sodi a 600 K.

[1 punt]

b) 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.

[1 punt]

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

33. PAU 2013 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 6

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:

$$CH_4(g) + H_2O(g) \leftrightarrows CO(g) + 3\,H_2(g) \quad K_c\,(\text{a } 1\,200\text{ K}) = 0{,}26 \quad \Delta H > 0$$

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 1 200 K.

***a*)** Justifiqueu, mitjançant els càlculs necessaris, en quina direcció avançarà la reacció per assolir l'equilibri.

[1 punt]

***b*)** 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.

[1 punt]

34. PAU 2013 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 2

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:

$$HCONH_2(g) \leftrightarrows NH_3(g) + CO(g) \quad K_c = 4{,}8$$

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.

***a*)** Calculeu la concentració de formamida que conté el recipient una vegada s'ha assolit l'equilibri, expressada en mol L^{-1}.

[1 punt]

***b*)** 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?

[1 punt]

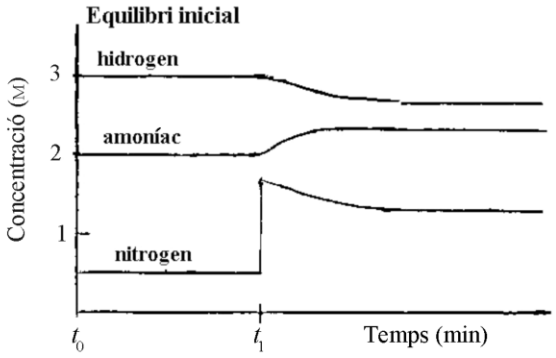
DADES: Constant dels gasos ideals: $R = 0{,}082$ atm L K^{-1} mol^{-1}

35. PAU 2012 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 6

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:

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \leftrightarrows 2\ NH_3(g)$$

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:



a) 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.
[1 punt]

b) Expliqueu raonadament la modificació de la concentració de cadascun dels tres compostos després de la introducció de nitrogen al reactor.
[1 punt]

36. PAU 2012 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

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:

$$CO(g) + Cl_2(g) \leftrightarrows COCl_2(g)$$

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.

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

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.
[1 punt]

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

37. PAU 2011 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

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: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$			
Temperatura (K)	500	700	1 100
Constant d'equilibri en pressions (K_p)	$2{,}5 \times 10^{10}$	$3{,}0 \times 10^{4}$	$1{,}3 \times 10^{-1}$

a) Per a aconseguir que la reacció tingui un rendiment alt, convé treballar a temperatures altes o baixes?

[1 punt]

b) En quines condicions de pressió podem millorar el rendiment de la reacció?

38. PAU 2011 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

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 $N_2O_4(g)$ és incolor i el $NO_2(g)$ és marró i més tòxic. En una experiència de laboratori s'introdueixen 184,0 g de $N_2O_4(g)$ en un recipient de 4,00 L, i s'escalfen fins a 300 K per a provocar la dissociació del $N_2O_4(g)$ en $NO_2(g)$. Passat un cert temps, quan la mescla ha assolit l'equilibri, s'analitza el contingut del recipient i es troba que la quantitat de $NO_2(g)$ és 36,8 g.

a) Determineu la constant d'equilibri en concentracions (K_c) de la reacció de dissociació del $N_2O_4(g)$ a 300 K.

[1 punt]

b) 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 $N_2O_4(g)$ és endotèrmica o exotèrmica.

[1 punt]

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

39. PAU 2011 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1

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:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \qquad K_c \text{ (a 375 °C)} = 1{,}2$$

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.

a) Justifiqueu per què el sistema no està en equilibri i expliqueu raonadament cap on es desplaçarà la reacció.

[1 punt]

b) Una vegada assolit l'equilibri, obtindrem més amoníac si disminuïm el volum del recipient? I si hi afegim un catalitzador? Justifiqueu les respostes.

[1 punt]

40. PAU 2010 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 1

1. Als motors dels automòbils es produeix la reacció següent, que provoca contaminació atmosfèrica per òxids de nitrogen:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$$

La constant d'equilibri de concentracions d'aquesta reacció és $1{,}0 \cdot 10^{-30}$ a 298 K, però a una temperatura de 1 100 K és $1{,}0 \cdot 10^{-5}$.

a) Raoneu si la reacció és endotèrmica o exotèrmica.

[1 punt]

b) Si en un recipient tancat d'1,0 L de volum que està a una temperatura de 1 100 K introduïm 1,0 mol de nitrogen i 1,0 mol d'oxigen, quants mols de monòxid de nitrogen hi haurà en el recipient quan la reacció assoleixi l'equilibri?

[1 punt]

Opció B

4. A 298,15 K, el tetraòxid de dinitrogen es descompon i forma diòxid de nitrogen segons la reacció següent:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g) \qquad \Delta H = 59\ kJ$$



Els òxids de nitrogen són responsables de l'anomenat *boirum* urbà. D'entre aquests òxids, el NO_2 és el més irritant per a les vies respiratòries de les persones.

4.1. Els òxids de nitrogen com ara el $N_2O_4(g)$ i el $NO_2(g)$ es formen en els tubs d'escapament dels vehicles i són uns dels gasos responsables del boirum (*smog*) urbà. D'altra banda, el $NO_2(g)$ té un efecte irritant en les mucoses respiratòries molt superior al del $N_2O_4(g)$.

Raoneu, considerant com afecta la temperatura en l'equilibri de descomposició del $N_2O_4(g)$, si és previsible que un boirum amb $N_2O_4(g)$ i $NO_2(g)$ sigui més irritant a l'estiu que a l'hivern, o bé a l'inrevés.

[0,5 punts]

4.2. En un recipient de 2 L de capacitat es disposa una certa quantitat de N_2O_4 i s'escalfa el sistema fins a 298,15 K. Sabent que s'assoleix l'equilibri químic quan la pressió total dins el recipient és 1,00 atm i la pressió parcial del N_2O_4 és 0,70 atm, calculeu:

a) El valor de K_p a 298,15 K.

[1 punt]

b) El nombre de mols de cadascun dels gasos en l'equilibri.

[0,5 punts]

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

42. PAU 2009 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3

3. A 423,15 K, l'oxidació del clorur d'hidrogen es produeix segons la reacció següent:

$$4HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2Cl_2(g) + 2H_2O(g)$$

En un recipient de 2 L de capacitat, introduïm 3,6 mol de HCl i 2,0 mol de O_2. Sabent que el nombre de mols de O_2 en l'equilibri és 1,4, calculeu:

3.1. El nombre de mols de la resta de gasos en l'equilibri.

[0,6 punts]

3.2. El valor de K_c.

[0,6 punts]

3.3. La pressió total a l'interior del recipient un cop assolit l'equilibri.

[0,8 punts]

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

43. PAU 2009 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 3

3. A temperatures prou elevades, el $SO_2(g)$ reacciona amb l'oxigen i s'estableix l'equilibri següent:

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) \qquad \Delta H < 0$$

En un reactor de 2 L de capacitat es disposen 0,40 mol de $SO_2(g)$ i 0,40 mol de $O_2(g)$ i s'escalfa el conjunt fins a 1 000 K, per tal que els gasos reaccionin i es formi $SO_3(g)$.

3.1. Sabent que, un cop el sistema ha assolit l'equilibri, la concentració de $SO_3(g)$ és 0,17 M, calculeu la molaritat de la resta de substàncies en l'equilibri i el valor de K_c.

[1,5 punts]

3.2. Un cop assolit l'equilibri indicat en l'apartat anterior, mantenint constant el volum del reactor, s'escalfa el sistema fins a 1 200 K i s'espera el temps suficient perquè aquest torni a assolir una nova situació d'equilibri. Raoneu, considerant el sentit del desplaçament de l'equilibri, si la concentració de $SO_3(g)$ en el nou estat d'equilibri serà més gran o més petita que 0,17 M.

[0,5 punts]

44. PAU 2008 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 3

3. A temperatures prou baixes, el tetraòxid de dinitrogen és relativament estable, per bé que, quan s'escalfa, es descompon i forma diòxid de nitrogen.

Es disposa una certa quantitat de N_2O_4 dins d'un recipient tancat de 2 L i s'escalfa el conjunt fins a 373,15 K per tal que s'assoleixi l'equilibri de descomposició:

$$N_2O_4(g) \rightleftarrows 2NO_2(g) \qquad \Delta H > 0$$



Matràs de fons rodó amb una mescla en equilibri de NO_2 i N_2O_4.

3.1. Sabent que, un cop assolit l'equilibri, la pressió total en el recipient és 0,75 atm i que encara resten 0,030 mol de N_2O_4 sense descompondre's, calculeu:

a) La pressió parcial de cada gas en l'equilibri i el valor de K_p.

b) Els mols de N_2O_4 que s'han disposat en el recipient al començament de l'experiment.

[1,5 punts]

3.2. Considerant que el tetraòxid de dinitrogen és un gas incolor i que el diòxid de nitrogen és, en canvi, un gas de color marró fosc, raoneu com afectarà un augment de la temperatura el color de la mescla dels dos gasos en equilibri.

[0,5 punts]

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

Opció B

4. La reacció de síntesi de l'amoníac és:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftarrows 2NH_3(g)$$

A 300 °C, es disposen 10 mol de nitrogen i 30 mol d'hidrogen dins d'un reactor. Quan s'arriba a l'equilibri queden 4,4 mol de nitrogen sense reaccionar.

4.1. Calculeu el nombre de mols de $NH_3(g)$ en l'equilibri i els mols totals en l'equilibri.

[1 punt]

4.2. Sabent que la pressió total dels gasos en l'equilibri és 50 atm, calculeu la pressió parcial de cada gas en l'equilibri i el valor de K_p.

[1 punt]

Opció B

4. A temperatures baixes, el diòxid de nitrogen es dimeritza i forma tetraòxid de dinitrogen segons la reacció següent:

equilibri de dimerització: $2NO_2(g) \rightleftarrows N_2O_4(g)$

4.1. Es posen 0,130 mol de NO_2 en un recipient de 2 L i es refreda el conjunt fins a 298,15 K amb l'objectiu d'assolir l'equilibri de dimerització. Sabent que, un cop assolit l'equilibri, la concentració de NO_2 en el recipient és 0,011 M, calculeu:

a) La concentració del tetraòxid de dinitrogen en l'equilibri.

b) El valor de K_c.

[1 punt]

4.2. S'introdueixen 0,200 mol d'un gas inert en el recipient mantenint-ne constants la temperatura i el volum. Raoneu l'efecte que això té sobre l'equilibri i calculeu la pressió total sobre les parets del recipient.

[1 punt]

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

47. PAU 2007 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3

3. A 400 °C, el iodur d'hidrogen gas es descompon parcialment i dóna hidrogen gas i iode gas segons la reacció següent:

$$2HI(g) \leftrightarrows H_2(g) + I_2(g)$$

Dins d'un reactor de 2 L de capacitat disposem 0,80 mols de iodur d'hidrogen i escalfem el sistema fins a 400 °C per tal que s'assoleixi l'equilibri. Considerant que $K_c = 1{,}56 \cdot 10^{-2}$:

3.1. Calculeu el nombre de mols de cada substància en l'equilibri.
[1 punt]

3.2. Raoneu si variarà el nombre total de mols de gas a mesura que es descompon el iodur d'hidrogen i calculeu la pressió total dels gasos del reactor en l'equilibri.
[0,6 punts]

3.3. Raoneu com afectarà al valor de K_c i a l'estat d'equilibri la introducció d'un catalitzador en el reactor.
[0,4 punts]

DADES: $R = 0{,}082\,06$ atm · L · K^{-1} · mol^{-1} = 8,314 J · K^{-1} · mol^{-1}; 1 atm = $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa.

48. PAU 2006 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 2

2. A 25 °C disposem 2,20 g de iodur d'hidrogen gasós a dins d'un reactor d'1 litre de capacitat. A continuació escalfem el sistema fins a 725 K, temperatura a què el iodur d'hidrogen es descompon parcialment formant hidrogen i iode gasós.

a) Escriviu la reacció associada a l'equilibri de descomposició del iodur d'hidrogen. [0,25 punts]

b) Calculeu la pressió en pascals exercida pel iodur d'hidrogen gasós a 25 °C abans de descompondre's. [0,4 punts]

c) Considerant que un cop assolit l'equilibri a 725 K queden a dins del reactor encara 1,72 g de iodur d'hidrogen sense descompondre, calculeu el nombre de mols de cadascuna de les espècies en equilibri. [0,75 punts]

d) Calculeu el valor de K_c a 725 K. [0,6 punts]

Dades: R = 0,082 atm L K^{-1} mol^{-1} = 8,314 J K^{-1} mol^{-1}
Masses atòmiques: I = 126,90; H = 1,01

49. PAU 2006 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 1

1. La síntesi del metanol (alcohol metílic) es basa en l'equilibri següent:

$$CO(g) + 2H_2(g) \leftrightarrows CH_3OH(g)$$

En un reactor cilíndric d'1 litre de capacitat es disposen 2 mol de CO i 2 mol d'hidrogen, i s'escalfa el conjunt fins a 600 K. Considerant que, un cop assolit l'equilibri a aquesta temperatura, s'han format 0,8 mol de metanol:

a) Calculeu els mols de cada substància un cop assolit l'equilibri. [0,5 punts]
b) Calculeu el valor de K_p a 600 K. [1 punt]
c) Indiqueu l'efecte que produirà sobre l'equilibri un augment del volum del recipient (imagineu-vos que el cilindre està dotat d'un pistó que permet la variació del seu volum). Raoneu la resposta. [0,5 punts]

Dades: R = 8,314 J K mol^{-1}; R = 0,082 atm L K^{-1} mol^{-1}

50. PAU 2006 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3

3. La síntesi de l'amoníac pel procés de Haber i Bosch ve expressada per la reacció següent:

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \leftrightarrows 2\,NH_3\,(g) \qquad \Delta H = -92{,}0\ kJ$$

En un recipient de 2 L i a 400 K es troben en equilibri 0,80 mol d'amoníac, 0,40 mol de nitrogen i 0,50 mol d'hidrogen.

a) Calculeu la constant d'equilibri K_c a 400 K. [0,6 punts]
b) Calculeu els mols de nitrogen que caldria introduir en el sistema, sense variar la temperatura i el volum, per assolir un nou equilibri amb 1 mol d'amoníac. [0,8 punts]
c) Indiqueu dues possibles maneres d'augmentar el rendiment de la reacció de formació d'amoníac. [0,6 punts]

51. PAU 2005 · Setembre · Sèrie 3 · Exercici 3

3. La constant d'equilibri a 1259 K de la reacció:

$$CO + H_2O \leftrightarrows CO_2 + H_2$$

és K_p = 0,64. En un recipient d'1 L es barregen 3 mol de CO i 1 mol de vapor d'aigua a una pressió total de 2 atm i a una temperatura de 1259 K.

a) Indiqueu el valor de K_c a la mateixa temperatura. [0,5 punts]
b) Determineu el nombre de mols de cada compost presents a l'equilibri. [1 punt]
c) Justifiqueu com evolucionarà l'equilibri si deixem expandir el sistema a temperatura constant fins a duplicar-ne el volum. [0,5 punts]

Dades: R = 0,082 atm · L · K^{-1} mol^{-1} = 8,314 J · K^{-1} mol^{-1}

nteruniversitari de Catalunya
ació de Proves d'Accés a la Univer

52. PAU 2005 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

2. El clorur de nitrosil (NOCl) és un gas que es descompon a temperatura elevada en monòxid de nitrogen (NO) i clor (Cl_2), ambdós gasosos. Si s'introdueixen 2 mol de NOCl en un recipient d'un litre i s'escalfen a 650 K, s'arriba a l'equilibri quan s'ha descompost un 20% del reactiu.

a) Trobeu la constant d'equilibri K_c a aquesta temperatura. [1 punt]
b) Determineu la pressió final del recipient. [0,5 punts]
c) Indiqueu alguna manera d'incrementar el rendiment de la reacció. [0,5 punts]

Dades: $R = 0{,}082\ \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1}\ \text{mol}^{-1} = 8{,}314\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$

53. PAU 2005 · Juny · Sèrie 4 · Exercici 4 (Opció B)

OPCIÓ B

4. Per a la reacció d'esterificació que té lloc entre l'àcid propanoic i l'etanol per donar propanoat d'etil i aigua (totes les espècies són líquides):

a) Escriviu l'equació de la reacció. [0,5 punts]
b) Si la constant d'equilibri de la reacció és $K_c = 16{,}0$, trobeu les concentracions a l'equilibri quan la reacció s'inicia amb 1 mol de cada reactiu en un recipient d'1 litre de capacitat. [1 punt]
c) Escriviu i anomeneu algun isòmer de l'èster format. [0,5 punts]

54. PAU 2004 · Setembre · Sèrie 5 · Exercici 4 (Opció B)

OPCIÓ B

4. La reacció d'esterificació entre l'àcid acètic i l'etanol a 25 °C:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftarrows CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

arriba a l'equilibri quan s'han transformat en èster 2/3 del nombre de mols de reactius presents a l'inici de la reacció.

a) Calculeu la constant d'equilibri de la reacció (K_c) suposant que partim d'una mescla que conté el mateix nombre de mols dels dos reactius. [1 punt]
b) Justifiqueu si el pH de la dissolució varia o no al llarg de la reacció. [0,5 punts]
c) Usualment, aquesta reacció es duu a terme en presència d'una certa quantitat d'HCl que actua com a catalitzador. Discutiu quins avantatges pot implicar la utilització d'un catalitzador en la reacció. [0,5 punts]

Generalitat de Catalunya
Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació
Direcció General d'Universitats
Comissió Interuniversitària de Catalunya
Selectivitat i Organització de les PAU de Química

55. PAU 2004 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 3

3. El fosgè ($COCl_2$) és un gas asfixiant que va ser utilitzat a la Primera Guerra Mundial i que actualment es fa servir en la síntesi de colorants i polímers. A 573 K, la constant d'equilibri per a la descomposició del fosgè en CO i Cl_2 és $K_P = 0{,}01$ atm.

   a) Trobeu la constant d'equilibri K_c per a la reacció indicada. [0,5 punts]
   b) En un recipient de 100 L s'introdueix 1,0 mol de fosgè i s'escalfa a 573 K. Trobeu la composició final del recipient (pressions parcials o concentracions de cada espècie) un cop assolit l'equilibri. [1 punt]
   c) Indiqueu justificadament com influiria en la reacció la utilització d'un recipient més gran, a la mateixa temperatura i amb la mateixa quantitat inicial de fosgè. [0,5 punts]

   Dades: $R = 0{,}082$ atm · L · K^{-1} · mol^{-1} = 8,31 J · K^{-1} · mol^{-1}

56. PAU 2003 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 4 (Opció B)

OPCIÓ B

4. El metanol se sintetitza industrialment per reacció entre el monòxid de carboni i l'hidrogen, reacció en què es desprenen 90 kJ · mol^{-1} en forma de calor. En un matràs de 5 L s'introdueix 1 mol de monòxid de carboni i 1 mol d'hidrogen, i l'equilibri s'assoleix a 225 °C quan el sistema conté 0,15 mol de metanol.
   a) Escriviu la reacció de síntesi del metanol. [0,5 punts]
   b) Trobeu la composició del sistema en equilibri (concentració molar de cada espècie). [0,5 punts]
   c) Calculeu els valors de K_c i K_p a 225 °C. [0,5 punts]
   d) Indiqueu i justifiqueu dues possibles maneres d'incrementar el rendiment en metanol de la reacció. [0,5 punts]

   Dades: $R = 0{,}082$ atm · L · K^{-1} · mol^{-1} = 8,31 J · K^{-1} · mol^{-1}

57. PAU 2002 · Setembre · Sèrie 1 · Exercici 5 (Opció A)

5. Un matràs de 2 L a 373 K conté una mescla en equilibri formada per 0,20 mol de N_2O_4 i 0,29 mol de NO_2.
   a) Trobeu les constants d'equilibri K_c i K_p de la reacció $N_2O_4 \rightleftarrows 2\ NO_2$ a aquesta temperatura. [1 punt]
   b) Si afegim 0,11 mol de NO_2 al recipient, calculeu les concentracions de les dues espècies un cop assolit novament l'equilibri. [1 punt]

   Dades: $R = 0{,}082$ atm · L · K^{-1} · mol^{-1} = 8,31 J · K^{-1} · mol^{-1}

58. PAU 2002 · Juny · Sèrie 2 · Exercici 5 (Opció B)

5. La constant d'equilibri K_c per a la reacció:

$$SO_{2\,(g)} + NO_{2\,(g)} \leftrightarrows SO_{3\,(g)} + NO_{\,(g)}$$

és igual a 3 a una temperatura determinada.

a) Justifiqueu per què no està en equilibri, a la mateixa temperatura, una mescla formada per 0,4 mol de SO_2, 0,4 mol de NO_2, 0,8 mol de SO_3 i 0,8 mol de NO (en un recipient d'1 L). [0,5 punts]

b) Determineu la quantitat que hi haurà de cada espècie un cop s'hagi assolit l'equilibri. [1 punt]

c) Justifiqueu cap a on es desplaçarà l'equilibri si incrementem el volum del recipient a 2 L. [0,5 punts]

59. PAU 2001 · Setembre · Sèrie 4 · Exercici 3

Generalitat de Catalunya
Consell Interuniversitari de Catalunya
Coordinació i Organització de les PA

3. Per a la reacció següent:

$$CO_{\,(g)} + H_2O_{\,(g)} \leftrightarrows CO_{2\,(g)} + H_{2\,(g)}$$

els valors de la constant d'equilibri K_p a les temperatures de 690 K i 800 K són, respectivament, 10 i 3,6. En un recipient de 10 litres de capacitat, a la temperatura de 690 K, introduïm 1 mol de CO i 1 mol de H_2O.

a) Determineu la composició del sistema un cop assolit l'estat d'equilibri. [1 punt]

b) Justifiqueu com afecta a l'equilibri un canvi de la pressió total del sistema. [0,5 punts]

c) Raoneu si la reacció és exotèrmica o endotèrmica. [0,5 punts]

Dades: $R = 8{,}31\ J \cdot K^{-1}mol^{-1}$.

60. PAU 2001 · Juny · Sèrie 5 · Exercici 5 (Opció B)

5. En un recipient tancat d'1 litre de capacitat i a la temperatura de 400 °C s'han introduït 0,5 mol de iode, 0,2 mol d'hidrogen i 3 mol de iodur d'hidrogen, tots ells en estat gasós. El procés que té lloc és el següent, amb una constant d'equilibri $K_c = 59$ a la temperatura indicada:

$$I_{2\,(g)} + H_{2\,(g)} \leftrightarrows 2\ HI_{\,(g)}$$

a) Justifiqueu en quin sentit transcorrerà la reacció per tal d'assolir l'equilibri a 400 °C. [0,5 punts]

b) Calculeu les concentracions de les tres espècies a l'equilibri. [1 punt]

c) Un cop assolit l'equilibri, raoneu en quin sentit es desplaçarà la reacció si s'incrementa la pressió total del sistema. [0,5 punts]

61. PAU 2000 · Setembre · Sèrie 2 · Exercici 2

2. La constant d'equilibri Kp per a la reacció:

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \longrightarrow 2\,NH_3\,(g)$$

a 400 °C és igual a $1{,}67 \cdot 10^{-4}$, expressant les pressions en atmosferes.
Un recipient de 2,0 litres conté, a 25 °C, 0,01 mol de N_2, 0,02 mol de H_2 i 0,03 mol de NH_3.
S'escalfa la mescla gasosa fins a 400 °C , en presència de catalitzador.

a) Expliqueu raonadament si la mescla està en equilibri a 400 °C. Si no està en equilibri, en quin sentit transcorrerà la reacció? [1 punt]

b) Una vegada assolit l'equilibri, justifiqueu què passarà si
   I) introduïm nitrogen en el sistema, [0,5 punts]
   II) disminuïm la pressió del sistema. [0,5 punts]

Dades: R = 0,082 atm · L · K^{-1} · mol^{-1} = 8,31 J . K^{-1} · mol^{-1}.

62. PAU 2000 · Setembre · Sèrie 6 · Exercici 4 (Opció B)

OPCIÓ B

4. En introduir 1,10 g de triòxid de sofre en un recipient de 2 litres i escalfar-lo a 600 °C s'obté una mescla d'oxigen i d'òxids de sofre en equilibri segons la reacció:

$$2\,SO_{3(g)} \rightleftarrows 2\,SO_{2(g)} + O_{2(g)}\ \Delta H>0$$

Si la massa d'oxigen a l'equilibri és 0,052 g,

a) Quin serà el valor de la constant d'equilibri per a la reacció indicada a 600 °C? [1 punt]

b) Expliqueu com variarà la concentració de SO_3 si augmentem la pressió del sistema. [0,5 punts]

c) Als envasos de triòxid de sofre s'observen els pictogrames següents:





T

Indiqueu-ne i expliqueu-ne el significat. [0,5 punts]

Dades: Masses atòmiques: S = 32; O = 16.

Districte univer

63. PAU 2000 · Juny · Sèrie 1 · Exercici 2

2. L'oxidació del clorur d'hidrogen a 423 K té lloc segons la reacció d'equilibri:

$$4\ HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2\ H_2O_{(g)} + 2\ Cl_{2(g)}\ \Delta H<0$$

Inicialment disposem de 3,6 mols de HCl i 2 mols d'oxigen en un recipient de 2 litres, i en arribar a l'equilibri queden 1,4 mols d'oxigen sense reaccionar.

a) Calculeu el valor de K_c a 423 K. [1 punt]

b) Justifiqueu com evolucionarà l'equilibri quan s'augmenta la temperatura del sistema i quan se n'augmenta la pressió. [1 punt]

64. PAU 2000 · Juny · Sèrie 3 · Exercici 3

Consell Interuniversitari de Catalunya
Coordinació del COI

3. Per a l'equilibri $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ a 25 °C, el valor de Kc és 0,04.

a) Calculeu el valor de Kp a la mateixa temperatura. [0,5 punts]

b) Com influencia la pressió a aquest equilibri? [0,5 punts]

c) El tetraòxid de dinitrogen és una substància sense color, mentre que el diòxid té un color vermell molt peculiar. Si una barreja dels dos gasos tancada dintre d'un tub d'assaig s'introdueix en un bany d'aigua amb gel, la mescla esdevé incolora. Per contra, si el mateix tub s'introdueix en un bany a 90 °C, la mescla es torna vermella. Justifiqueu si l'equilibri indicat al començament és una reacció endotèrmica o exotèrmica. [1 punt]

Dades: R = 8,314 J · K^{-1} · mol^{-1} = 0,082 atm · L · K^{-1} · mol^{-1}.