

Qüestions i problemes de química bàsica

25 anys d'Olimpíada Química de Catalunya

José Barbosa Torralbo, Fernando J. Benavente Moreno,
Estela Giménez López, Santiago Hernández Cassou,
Lluís Puignou García

ÍNDEX

Pròleg	9
---------------	---

Proves de l'Olimpíada Química de Catalunya (1994-2018)

Olimpíada Química XXXI (març 2018)	13
Olimpíada Química XXX (març 2017)	19
Olimpíada Química XXIX (març 2016)	25
Olimpíada Química XXVIII (març 2015)	29
Olimpíada Química XXVII (març 2014)	35
Olimpíada Química XXVI (març 2013)	41
Olimpíada Química XXV (març 2012)	47
Olimpíada Química XXIV (març 2011)	53
Olimpíada Química XXIII (març 2010)	59
Olimpíada Química XXII (febrer 2009)	65
Olimpíada Química XXI (febrer 2008)	71
Olimpíada Química XX (febrer 2007)	77
Olimpíada Química XIX (febrer 2006)	83
Olimpíada Química XVIII (febrer 2005)	89
Olimpíada Química XVII (febrer 2004)	95
Olimpíada Química XVI (febrer 2003)	101
Olimpíada Química XV (febrer 2002)	107
Olimpíada Química XIV (febrer 2001)	113
Olimpíada Química XIII (febrer 2000)	119
Olimpíada Química XII (febrer 1999)	125
Olimpíada Química XI (febrer 1998)	131
Olimpíada Química X (febrer 1997)	137
Olimpíada Química IX (febrer 1996)	143

Olimpíada Química VIII (febrer 1995) _____	147
Olimpíada Química VII (febrer 1994) _____	153

Solucionari de les proves de l'Olimpíada Química de Catalunya (1994-2018)

Solucionari Olimpíada Química XXIX-XXI (2018-2016) _____	161
Solucionari Olimpíada Química XXVIII-XXV (2015-2012) _____	163
Solucionari Olimpíada Química XXIV-XXII (2011-2009) _____	165
Solucionari Olimpíada Química XXI-XVIII (2008-2005) _____	167
Solucionari Olimpíada Química XVII-VII (2004-1994) _____	169

PRÒLEG

L'Olimpíada Química de Catalunya és un esdeveniment de caràcter anual que es va començar a celebrar a principis dels anys noranta. Un dels seus principals objectius és estimular l'interès dels estudiants de secundària per la química i establir una millor relació entre l'ensenyament de la química en l'àmbit no universitari i l'ensenyament en l'àmbit universitari. L'Olimpíada catalana consisteix en una prova escrita que organitzen el Col·legi Oficial de Químics de Catalunya i l'Associació de Químics de Catalunya en col·laboració amb universitats catalanes (Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat de Girona, Universitat de Lleida, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Pompeu Fabra, Universitat Rovira i Virgili i Universitat de Vic). Hi poden participar tots els centres de secundària, públics i privats, que ho desitgin, i per a fer-ho han de dur a terme prèviament una selecció dels alumnes de segon de batxillerat que estiguin més interessats per la química.

Els guanyadors de l'Olimpíada se seleccionen mitjançant la realització de la mateixa prova escrita de manera simultània a totes les universitats catalanes participants. Els vint-i-un estudiants guanyadors de tot Catalunya participen en l'Olimpíada Nacional, organitzada pel Ministeri d'Educació, Cultura i Esport en col·laboració amb la Reial Societat Espanyola de Química (RSEQ). Finalment, els quatre millors estudiants de la fase nacional participen en la International Chemistry Olympiad (IChO).

El temari que els alumnes han de preparar per a l'Olimpíada Química de Catalunya inclou els continguts dels dos cursos de batxillerat, el primer complet i el segon fins als continguts planificats per al primer trimestre, aproximadament, atès que la prova se sol realitzar entre finals de febrer i principis de març. A més, la prova pot incloure qüestions teòriques sobre pràctiques de laboratori. Durant aquests anys d'olimpíades s'han produït diferents canvis en el sistema educatiu i, com a conseqüència, els temaris i la tipologia de les preguntes han anat evolucionant.

En aquest text es recullen les proves realitzades entre els anys 1994 i 2018 amb l'objectiu d'estimular l'interès dels estudiants per la química i d'esdevenir una eina per a l'autoaprenentatge i l'autoavaluació dels estudiants de batxillerat que vulguin participar en les properes olimpíades. També pretén reforçar la interfície secundària-universitat i ser d'utilitat en la introducció, l'anivellament i la consolidació dels coneixements de química bàsica dels estudiants de les assignatures de química de primer curs dels graus universitaris de Ciències Experimentals, Enginyeria i Ciències de la Salut. En aquestes assignatures de primer curs dels graus es desenvolupen els conceptes

més elementals de la química, necessaris per a comprendre posteriorment les assignatures més avançades. Molts d'aquests conceptes ja s'han tractat durant el batxillerat, encara que l'experiència demostra que és necessari revisar-los. Per aquest motiu, les qüestions i els problemes plantejats en l'Olimpíada Química de Catalunya poden ser de gran utilitat a l'hora de consolidar i ampliar els coneixements bàsics de química: la taula periòdica, la formulació, l'estructura i l'enllaç químics, les reaccions químiques, la termodinàmica, l'equilibri i la cinètica química. La recopilació també proporciona material al professorat de secundària i d'universitat per a dinamitzar les seves classes amb qüestionaris multiresposta per a aplicacions mòbils tipus Kahoot! (www.kahoot.com) o Socrative (www.socrative.com).

Els autors d'aquest text hem format part del Comitè Organitzador de l'Olimpíada Química de Catalunya al llarg d'aquests vint-i-cinc anys i volem transmetre el nostre agraïment a totes les institucions, estudiants, professors i col·laboradors que han fet possible la celebració de l'Olimpíada Química de Catalunya. I agraïm molt especialment als professors d'instituts d'ensenyament secundari i d'universitats la seva participació en la preparació, redacció i correcció de les diferents proves que es recopilen en aquest text.

Barcelona, octubre de 2019

**PROVES DE L'OLIMPIADA QUÍMICA
DE CATALUNYA (1994-2018)**

OLIMPIADA QUÍMICA XXXI (MARÇ 2018)

1. En relació amb la naturalesa dels elements constituents, els enllaços químics i la solubilitat dels compostos químics, indiqueu quines de les proposicions següents són correctes:

1. El clorur d'amoni és més soluble en acetona que en aigua.
2. El clorur de sodi és poc soluble en acetona.
3. El clorur de sodi és més soluble en aigua que en acetona.
4. L'hidrogencarbonat de sodi és menys soluble en aigua que en acetona.
5. El carbonat de sodi és més soluble en aigua que en acetona.
6. El fosfat de calci és molt soluble en aigua.

a) 1, 3 i 5 b) 2, 3 i 5 c) 2, 3 i 6 d) 1, 4 i 5 e) 2, 4 i 6

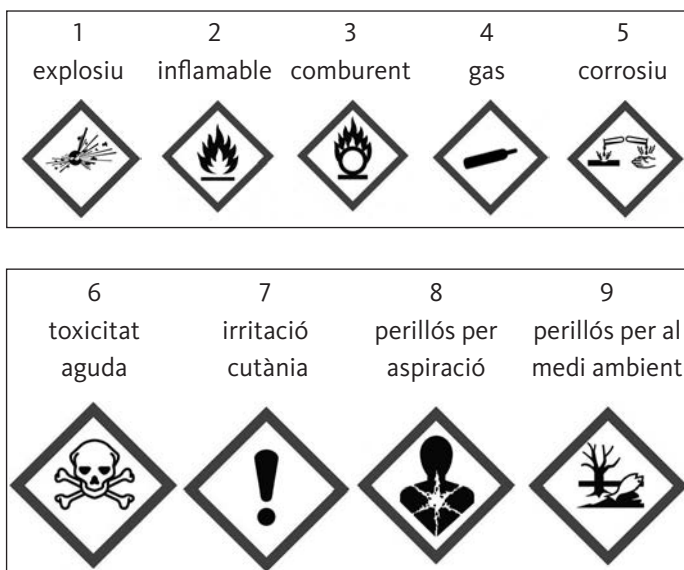
2. Un àcid sulfúric comercial que ve retolat amb una especificació de « $\leftrightarrow$ 98,5% (m/m)» té una concentració de $18 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Quina és la seva densitat (D), en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, i quin volum (V), en mL, d'aquest àcid comercial és necessari per a preparar 1 L d'una solució $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$?

Dades

Masses atòmiques relatives: H: 1,0; O: 16,0; S: 32,0

- a) $D = 1,50$ i $V = 5,56$ b) $D = 1,74$ i $V = 5,56$ c) $D = 1,79$ i $V = 5,56$
d) $D = 1,74$ i $V = 55,6$ e) $D = 1,79$ i $V = 55,6$

3. El Reglament sobre classificació, etiquetatge i envasament (CLP) de substàncies i mesclures químiques perilloses s'introdueix a la Unió Europea com a nou sistema per a classificar i etiquetar els productes químics. Es basa en el Sistema Globalment Harmonitzat de les Nacions Unides (SGA), que modifica el Reglament europeu (CE) núm. 1907/2006, de registre, avaluació, autorització i restricció de productes químics (REACH). En relació amb la reglamentació anterior, s'han modificat els pictogrames (ara en són 9, en lloc dels 7 anteriors) i les frases de risc (R) i de seguretat (S) passen a denominar-se frases de perillositat (H) i de precaució (P), respectivament. Digueu quins dels pictogrames següents són adients per a l'àcid sulfúric (H_2SO_4) i el metanol (CH_3OH):



- a) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 1$ b) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3$ c) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 7$ d) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5$ e) $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2$
 $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 2$ $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 4$ $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 9$ $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 6$ $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 8$

4. Una reacció de síntesi és un procés en què dues o més substàncies químiques reaccionen per a generar compostos químics més complexos. Per a obtenir aigua es fa saltar una guspira elèctrica en un recipient d'1 L que conté una mescla gasosa d'hidrogen i oxigen al 25% (m/m) d'hidrogen, sotmesa a una pressió de 2 atm i a una temperatura de 40 °C. Calculeu la massa, en grams, d'aigua sintetitzada si el rendiment és del 100%.

Dades

Masses atòmiques relatives: H: 1,0; O: 16,0

Constant dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,0831 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1 atm = 101,325 kPa = 1,01325 bar = 760 mmHg

- a) 0,22 b) 0,44 c) 0,66 d) 0,89 e) 1,11

5. G.N. Lewis va proposar un model basat en la compartició d'electrons entre els àtoms per a formar enllaços covalents. Una conseqüència d'aquest model és l'anomenada regla de l'octet, que estableix, si bé amb algunes excepcions, que els *àtoms dels elements del sistema periòdic* tendeixen a completar el seu darrer nivell d'energia amb un nombre d'electrons que correspon a la configuració d'un gas noble.

Indiqueu quines de les molècules següents compleixen la regla de l'octet:

1. Triclorur de bor.
2. Pentaclorur de fòsfor.
3. Hexafluorur de sofre.
4. Triclorur d'arsènic.
5. Diclorur de seleni.

Dades

Nombres atòmics: B: 5; F: 9; P: 15; S: 16; Cl: 17; As: 33; Se: 34

- a) 1 i 4 b) 1 i 5 c) 4 i 5 d) 2 i 3 e) 1, 2 i 3

6. Els indicadors àcid-base són protòlits, generalment orgànics, en què les formes protonada (espècie àcida) i desprotonada (espècie bàsica) tenen coloracions diferents. Així doncs, el color d'una solució que conté l'indicador, fins i tot en concentracions molt petites, depèn del pH del medi. Com a conseqüència, en una valoració àcid-base s'observa una transició de color que depèn del predomini de l'espècie àcida o bàsica de l'indicador i que, en valors de pH, es denomina interval de viratge.

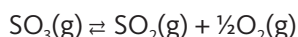
Es vol determinar la concentració d'àcid clorhídric d'una solució comercial de neteja mitjançant una volumetria àcid-base. Per a fer-ho es dilueix la solució comercial fins a una concentració d'àcid clorhídric de $0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ i es valora amb una solució patró d'hidroxid de sodi emprant un indicador. Supposeu que al llarg de la valoració el volum de la solució es manté constant perquè el volum de la solució valorant afegit es pot negligir. Indiqueu quins dels indicadors següents són adients per a fer aquesta valoració amb un error inferior a l'1%.

Dades

	Indicador	Interval de viratge
1	Blau de bromofenol	3,0 - 4,6
2	Taronja de metil	3,2 - 4,4
3	Vermell de metil	4,8 - 6,0
4	Blau de bromotimol	6,0 - 7,6
5	Fenolftaleïna	8,2 - 10,0
6	Groc d'alitzarina	10,1 - 12,0

- a) 1 i 2 b) 3 i 4 c) 5 i 6 d) 2 i 3 e) 4 i 6

7. El propassat 19 de febrer es va activar l'alerta per l'erupció del volcà Sinabung a Indonèsia. De totes les substàncies que arriben a l'estratosfera en una erupció volcànica, el diòxid de sofre és el compost que té una permanència més llarga a l'atmosfera, ja que el diòxid de sofre s'oxida en presència de l'oxigen de l'aire i esdevé triòxid de sofre, que posteriorment es fixa com a àcid sulfúric en els aerosols atmosfèrics, una de les principals causes de l'anomenada pluja àcida. El triòxid de sofre es pot descompondre d'acord amb la reacció següent:



A quina temperatura mínima tindria lloc espontàniament la descomposició del triòxid de sofre?

Dades (a 25 °C)	$\text{SO}_3(\text{g})$	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$
$\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-395,72	-296,83	0,00
$S^\circ (\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	256,76	248,11	205,03

Suposeu que els valors de ΔH_f° i de S° no varien amb la temperatura.

Constant dels gasos ideals: $R: 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $= 0,0831 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- a) 780,4 °C b) -780,4 °C c) 867,1 °C d) -867,1 °C e) 272,0 °C

8. En relació amb la descomposició del triòxid de sofre descrita en la pregunta anterior, en un recipient tancat de 10 L s'introdueixen 0,1 mols de triòxid de sofre que s'escalfen a una temperatura determinada. Un cop establert l'equilibri, queden a l'interior del recipient 0,017 mols de triòxid de sofre sense descompondre. Quina és la temperatura emprada si la K_p és 3,16?

Dades

Constant dels gasos ideals: $R: 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $= 0,0831 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- a) -261,5 °C b) 11,6 °C c) 272,1 °C d) 545,2 °C e) 962 °C

9. L'àtom és la unitat més petita d'un element químic que manté la seva identitat o les seves propietats i que no és possible dividir mitjançant processos químics. La teoria acceptada avui és que l'àtom es compon d'un nucli de càrrega positiva, format per protons i neutrons, i un núvol d'electrons de càrrega negativa al voltant

del nucli. La massa de l'ió alumini (Al^{3+}) és 27 i la seva configuració electrònica és $1s^2 2s^2 2p^6$.

Indiqueu quines de les proposicions següents són correctes:

1. L'àtom de l'element Al conté 10 electrons.
2. El nucli de l'ió Al^{3+} conté 27 protons.
3. El nucli de l'ió Al^{3+} conté 14 neutrons.
4. El nucli de l'ió Al^{3+} conté 10 protons i 14 neutrons.
5. La massa de l'ió Al^{3+} és 27 i la de l'element Al és 27.

a) 1 i 3 b) 1 i 4 c) 2 i 4 d) 2 i 5 e) 3 i 5

10. Anomeneu o formuleu les substàncies següents:

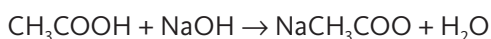
Substància	Nom o fórmula
Àcid 3-hidroxibenzoic	
Peroxodisulfat d'amoni	
BN	
CH_3CONH_2	
Cromat de plom(II)	

Tema

Concepte d'equilibri químic d'una reacció; equilibris químics homogenis i heterogenis; constants d'equilibri, K_c i K_p ; predicció de l'evolució d'una reacció: quocient de reacció i constant d'equilibri; factors que modifiquen l'estat d'equilibri.

OLIMPIADA QUÍMICA XXX (MARÇ 2017)

1. El vinagre s'utilitza per a preparar i coure aliments i per a elaborar salses. També serveix com a conservant de vegetals i peixos, per les propietats del seu component principal: l'àcid acètic. La determinació de l'acidesa d'un vinagre es realitza mitjançant una volumetria àcid-base amb fenolftaleïna com a indicador i segons la reacció:



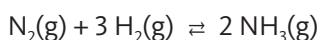
En determinar l'acidesa total d'un vinagre comercial, 2 mL de la mostra original consumeixen 20,25 mL d'hidròxid de sodi $0,1083 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Quina és l'acidesa del vinagre comercial, expressada en grams d'àcid acètic per 100 mL de vinagre?

Dades

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

- a) 0,26 b) 2,6 c) 6,6 d) 26 e) 66

2. La síntesi de l'amoníac té lloc per reacció entre el nitrogen i l'hidrogen i segons l'equació química següent:



S'introdueixen en un reactor tancat d'1,3 L, evacuat prèviament, 1,0 mols de nitrogen i 3,0 mols d'hidrogen. Quan s'escalfa la mescla gasosa a 528 K, la pressió en l'equilibri és de 80,0 atm. Quina és la constant d'equilibri en concentracions (K_c) a 528 K?

Dades

Constant dels gasos ideals: $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 0,0831 \text{ bar} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
 $1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa} = 1,01325 \text{ bar} = 760 \text{ mmHg}$

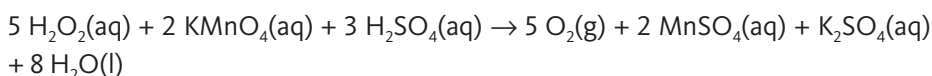
- a) 0,055 b) 12,4 c) 23,6 d) 97,9 e) 143,5

3. Indiqueu quines de les proposicions següents són correctes en una valoració:

1. El punt d'equivalència coincideix amb el punt final de la valoració.
2. El punt d'equivalència és el punt en què s'ha afegit la quantitat estequiomètrica de solució valorant per a reaccionar amb la substància que es valora.
3. El punt d'equivalència sempre és anterior al punt en què l'indicador canvia de color.
4. El punt d'equivalència sempre és posterior al punt en què l'indicador canvia de color.
5. El punt final és el punt en què l'indicador canvia de color.

a) 1 i 5 b) 2 i 5 c) 2 i 3 d) 1 i 4 e) 1, 2 i 5

4. L'aigua oxigenada diluïda és un antisèptic molt utilitzat en el tractament preventiu de ferides superficials i lleus. L'anàlisi de l'aigua oxigenada es pot fer amb permanganat de potassi com a solució valorant. El peròxid d'hidrogen reacciona amb el permanganat de potassi en presència d'àcid sulfúric per a produir sulfat de manganès (II), oxigen, aigua i sulfat de potassi, segons la reacció química següent:



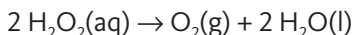
Indiqueu quines de les proposicions següents són correctes per a aquesta reacció:

1. El peròxid d'hidrogen actua com a oxidant del permanganat de potassi.
2. El peròxid d'hidrogen actua com a reductor del permanganat de potassi.
3. L'àcid sulfúric oxida el peròxid d'hidrogen.
4. El manganès(II) redueix l'oxigen en la reacció inversa.
5. El permanganat es transforma en manganès(II) en guanyar electrons.
6. El permanganat s'oxida i l'estat d'oxidació del manganès en aquest anió és +7.

a) 2, 3 i 5 b) 1, 4 i 6 c) 1, 3 i 4 d) 2, 4 i 5 e) 1, 2, 5 i 6

5. L'aigua oxigenada d'un antisèptic comercial s'ha determinat mitjançant un mètode que es basa en la reacció de la pregunta anterior (4). Calculeu la seva concentració en l'antisèptic, expressada en volums d'aigua oxigenada, si 2 mL de l'antisèptic reaccionen amb 120 mg de permanganat de potassi.

Els volums d'aigua oxigenada, com a unitat de concentració, corresponen als litres d'oxigen gasós, en condicions normals de pressió i temperatura, que 1 L de l'antisèptic alliberaria d'acord amb la reacció següent:



Dades

Considereu que 1 mol de l'oxigen alliberat en condicions normals de pressió i temperatura ocupa 22,4 L.

Masses atòmiques relatives: H: 1,0; O: 16,0; K: 39,1; Mn: 54,9

- a) 8,5 b) 10,6 c) 17,0 d) 21,2 e) 42,4

6. La taula periòdica està constituïda per diverses famílies d'elements agrupats segons la similitud de les estructures electròniques dels seus àtoms. És una representació que manifesta que certes propietats dels elements es repeteixen periòdicament quan s'ordenen segons el nombre atòmic. Digueu quines de les afirmacions següents són correctes:

1. De dos ions del tercer període de la taula periòdica amb el mateix nombre d'electrons, el que té el radi iònic més petit és el que es troba a l'esquerra.
2. Els elements no metàl·lics dels grups de l'oxigen i del fluor formen entre si compostos moleculars a causa de les seves baixes afinitats electròniques.
3. El calci pertany al grup dels elements alcalins.
4. Els elements d'un mateix període tenen propietats químiques similars.
5. En condicions normals de pressió i temperatura, els elements del grup dels halògens són gasos.

- a) 1 i 2 b) 1 i 5 c) 3 i 4 d) 2 i 5 e) Totes són incorrectes

7. La superfície terrestre s'escalfa en rebre la radiació solar i emet part d'aquesta calor en forma de radiació infraroja. Alguns dels gasos presents a l'atmosfera capten aquesta radiació infraroja i contribueixen a l'efecte hivernacle. Digueu quines de les proposicions següents són correctes:

1. L'oxigen i el nitrogen, gasos majoritaris de l'atmosfera, són els principals responsables de l'efecte hivernacle.
2. El diòxid de carboni de l'atmosfera és un dels principals responsables de l'efecte hivernacle.

3. El vapor d'aigua de l'atmosfera és un dels principals responsables de l'efecte hivernacle.
4. L'argó, gas monoatòmic i gas minoritari de l'atmosfera, també contribueix a l'escalfament de la superfície terrestre.
5. El metà, gas minoritari de l'atmosfera, no contribueix a l'efecte hivernacle.

a) 1 i 4 b) 2 i 3 c) 4 i 5 d) 1, 2 i 3 e) 2, 3 i 5

- 8.** Les constants dels productes de solubilitat (K_s) a 298 K del sulfur de cadmi, el sulfur de ferro(II), el sulfur de mercuri(II) i el sulfur de manganès(II) són les següents:

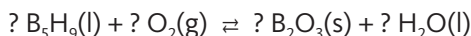
$$K_s(\text{CdS}) = 5,0 \cdot 10^{-26}; K_s(\text{FeS}) = 3,98 \cdot 10^{-17}; K_s(\text{HgS}) = 1,0 \cdot 10^{-51}; K_s(\text{MnS}) = 1,0 \cdot 10^{-13}$$

Digueu quines de les proposicions següents són correctes a 298 K:

1. La solubilitat augmenta seguint l'ordre $\text{HgS} < \text{CdS} < \text{FeS} < \text{MnS}$.
2. La solubilitat augmenta seguint l'ordre $\text{MnS} < \text{FeS} < \text{CdS} < \text{HgS}$.
3. La solubilitat dels sulfurs en una solució aquosa amb un pH = 2 és més gran que en aigua (pH = 7).
4. La solubilitat dels sulfurs en una solució de sulfur de sodi 10^{-3} M és més gran que en aigua.

a) 1, 3 i 4 b) 2 i 4 c) 1 i 4 d) 2 i 3 e) 1 i 3

- 9.** 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 a l'aire amb una flama verda per a donar òxid de bor(III) i aigua, segons la reacció següent:



Calculeu la quantitat de calor (kJ) alliberada quan es crema 1 g de l'hidrur a una pressió constant d'1 atm.

Dades a 25 °C $\Delta H_f^\circ(\text{B}_5\text{H}_9(\text{l})) = +73,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta H_f^\circ(\text{B}_2\text{O}_3(\text{s})) = -1273,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -285,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 Masses atòmiques: H: 1,0; B: 10,8; O: 16,0

a) 26,2 b) 35,3 c) 70,6 d) 72,1 e) 144,2