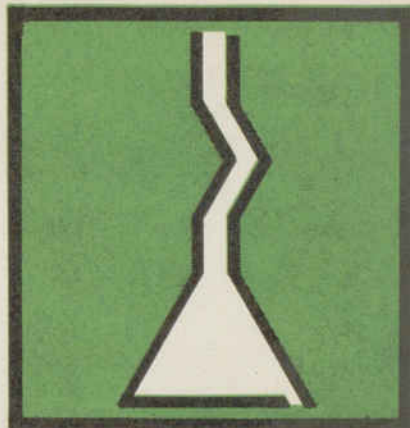


*comentaris sobre
alguns aspectes de
l'ensenyament
de l'equilibri químic*

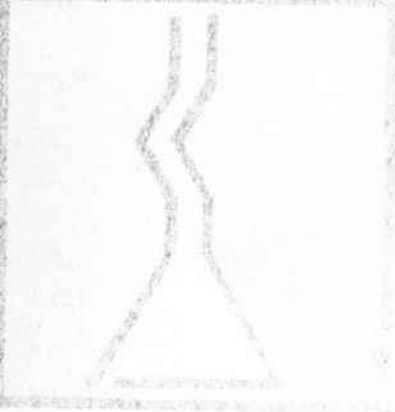
Seminari Permanent de Química



Institut de Ciències
de l'Educació
Universitat de Barcelona



Col·lecció Documents A 57



THE UNIVERSITY OF
MICHIGAN LIBRARY
SERIALS ACQUISITION
300 N ZEEB RD
ANN ARBOR MI 48106-1500

comentaris sobre alguns aspectes de
l'ensenyament de l'equilibri químic.

*comentaris sobre alguns
aspectes de l'ensenyament
de l'equilibri químic*

Seminari Permanent de Química

Seminari Permanent de Química:

- Aureli Caamaño i Ros
- Enric Casassas i Simó
- Joan Colom i Esquerda
- Miquel Gassiot i Matas
- M.^a Dolores Masjuan i Buxó



Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica
Departament d'Enginyeria i Arquitectura
Departament d'Indústria i Comerç
Departament de Ciències Bàsiques

Departament d'Enginyeria i Arquitectura
Departament d'Indústria i Comerç
Departament de Ciències Bàsiques
Departament de Matemàtiques
Departament de Física
Departament de Química
Departament de Biologia



publicacions
edicions
universitat
de barcelona
ISBN 84-7528-003-X
Dipòsit Legal B.: 11.117-1982

Comentaris sobre alguns aspectes de
l'ensenyament de l'equilibri químic.

INDEX

Exposició general	1
Enquesta sobre diverses qüestions d'estequiometria i equilibri químic, 3er. curs de B.U.P.	3
Enquesta sobre diverses qüestions d'estequiometria i equilibri químic, C.O.U.	8
Resultats de les enquestes	14
Anàlisi dels resultats de l'enquesta passada a alumnes de 3er. curs de B.U.P.	16
Anàlisi dels resultats de l'enquesta passada a alumnes de C.O.U.	22
Conclusions	28

En el transcurs d'un estudi general sobre els continguts i la didàctica de l'equilibri químic i d'alguns temes conxexos dins l'ensenyament secundari que realitza el Seminari Permanent de Química de l'Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat de Barcelona s'han passat unes enquestes entre alumnes de l'assignatura de Física i Química de tercer curs de BUP i alumnes de l'assignatura de Química de COU. Aquestes enquestes contenien només qüestions sobre estequiometria i equilibri; les qüestions d'estequiometria que hi eren incloses es referien només als coneixements bàsics que són imprescindibles per a la comprensió del tema de l'equilibri químic, el qual és l'objectiu primordial del treball en curs.

La finalitat d'aquestes enquestes és, en primer lloc, de comprovar el grau d'assimilació dels conceptes de què es fa ús en aquest tema i, en segon lloc, el nivell general de coneixements sobre el tema adquirits pels estudiants en finalitzar el batxillerat o el COU. Les qüestions incloses a les enquestes no surten fora dels límits dels programes actuals de les assignatures esmentades i es consideren de caràcter molt bàsic; els coneixements necessaris per a contestar-les figuren entre els que constitueixen la "cultura general" que ha de posseir un batxiller de ciències o els que són exigibles per seguir un curs de Química General a la Universitat.

Els alumnes enquestats, en total 680, pertanyen a centres oficials i privats de Barcelona i de la seva perifèria (322 alumnes de 5 centres oficials i 358 alumnes de 7 centres privats). En aquest informe són presentats d'una manera global els resultats obtinguts d'aquestes enquestes, sense diferenciar-los ni per tipus de centre ni per llur localització.

Les enquestes, anònimes, s'han realitzat vers la fi del mes de maig, i durant una hora de classe.

En relació amb els temes al·ludits convé fer les següents consideracions:

Estequiometria

Ja en els cursos setè o vuitè d'EGB l'alumne comença a aprendre algunes nocions sobre la reacció química i les relacions estequiomètriques. Teòricament, en acabar el segon curs de BUP l'alumne hauria de saber resoldre problemes senzills d'estequiometria.

Al programa de tercer curs de BUP figura el tema "Constant d'Arogadro. Mol. Estequiometria". El mateix tema es repeteix a la programació de la Química al COU, aprovada per la comissió mixta de la UB i la UAB.

En conseqüència, als dos nivells a que han estat realitzades les enquestes, els alumnes han de tenir idees clares sobre el mol, el volum molar, i els coeficients de les equacions de reacció.

Equilibri químic

Al Segon curs de BUP s'introdueix la idea de les reaccions irreversibles i de les reversibles. Es al tercer curs quan s'inicia l'estudi de l'equilibri químic, al menys en reaccions entre composts moleculars. Aquest estudi es profunditza al COU, on és ampliat amb l'estudi dels equilibris iònics.

Els resultats obtinguts posen de manifest que un percentatge molt alt dels estudiants no assoleix el nivell que hom podria esperar, i això a pesar que, sota el nostre punt de vista, la majoria de les preguntes no havien d'oferir dificultats.

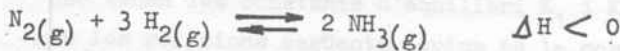
Les dues enquestes, una per als alumnes de tercer curs de BUP i una altra de diferent per als de COU, s'inclouen a continuació, traduïdes al català. Després es presenten dues taules amb els resultats, expressats en percentatges, obtinguts a ambdues enquestes.

SEMINARI PERMANENT DE QUIMICA
INSTITUT DE CIENCIES DE L'EDUCACIO
UNIVERSITAT DE BARCELONA

Enquesta sobre diverses qüestions d'estequiometria i equilibri

3er. curs de BUP

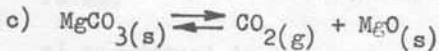
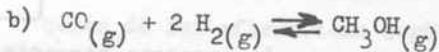
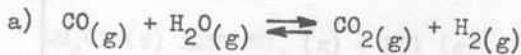
1 - Donada la següent reacció en equilibri:



indiqueu si el rendiment de $\text{NH}_3(\text{g})$ augmenta, disminueix o no canvia:

- a) quan disminueix la pressió
- b) quan augmenta la temperatura
- c) quan disminueix la concentració de nitrogen
- d) quan disminueix el volum del recipient
- e) quan s'afegeix un catalitzador

2 - Quin efecte produeix sobre el rendiment de productes de la reacció un augment de pressió en els equilibris següents (contesteu augmenta, disminueix o no canvia):



3 - Tenim separatament 1 g d'hidròxid de liti, 1 g d'hidròxid de sodi i 1 g d'hidròxid de potassi dissolts en aigua. ¿Quin de tots tres necessita més quantitat d'àcid clorhídric per ser neutralitzat?

- a) L'hidròxid de liti
- b) L'hidròxid de sodi
- c) L'hidròxid de potassi
- d) Tots tres igual



Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

4 - El nombre total d'ions existents en 1 l de dissolució $10^{-3} M$ de $BaCl_2$ és

- a) 10^{-3}
- b) $2 \cdot 10^{-3}$
- c) $3 \cdot 10^{-3}$
- d) $6 \cdot 02 \cdot 10^{23}$
- e) $18 \cdot 06 \cdot 10^{20}$



Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

5 - La reacció $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

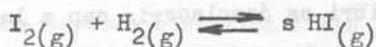
suposem que transcorre totalment. Partim d'una mescla constituïda per 5 l de NO i 5 l de O_2 , tots dos en condicions normals. Quants litres de gas, en condicions normals, hi ha després d'haver-se realitzat la reacció?

- a) 5
- b) 7,5
- c) 10
- d) 15



Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

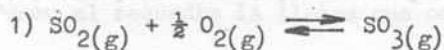
6 - El I_2 i el H_2 reaccionen segons l'equació en equilibri



Completeu el següent quadre:

	I_2	H_2	HI
mols inicials	0'062	0'242	0
mols a l'equilibri	0'024		

7 - Considera els dos equilibris gasosos:



que tenen les constants d'equilibri K_1 i K_2 respectivament.

De les relacions següents, quina és la correcta?

a) $K_2 = K_1$

b) $K_2 = K_1^2$

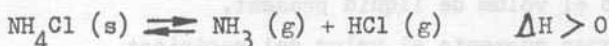
c) $K_2 = 1/K_1^2$

d) $K_2^2 = K_1$

e) $K_2 = 1/K_1$

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

8 - Donat l'equilibri



quina de les afirmacions següents respecte a aquest sistema és falsa?

a) Augmentant la temperatura l'equilibri es desplaça cap a la

dreta.

- b) Afegint-hi $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$, l'equilibri es desplaçaria cap a la dreta.
- c) Augmentant la pressió disminueix la quantitat de gasos que es troben en equilibri.
- d) Si s'agrega un catalitzador no s'afecten les concentracions corresponents a l'equilibri.
- e) En estat d'equilibri el $\text{NH}_4\text{Cl}(s)$ es forma i es descompon amb la mateixa velocitat.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

9 - Un recipient conté, en equilibri, gel i aigua a 0°C i 1 atm.



¿Cap a on es desplaçarà l'equilibri si, mantenint la temperatura a 0°C , hom augmenta la pressió damunt el sistema gel-aigua? Recordeu que la densitat del gel és menor que la de l'aigua.

- a) Cap a la formació d'aigua.
- b) Cap a la formació de gel.
- c) No hi ha desplaçament.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

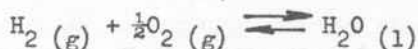
10- Indiqueu quina d'aquestes afirmacions es correcta:

La pressió de vapor de tots els líquids

- a) és la mateixa a 100°C .
- b) és la mateixa a llurs punts de congelació.
- c) augmenta amb el volum de líquid present.
- d) disminueix quan augmenta el volum del recipient.
- e) augmenta amb la temperatura.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

11- Tenim una mescla de 100 g d'hidrogen i 100 g d'oxigen. Fem saltar una espurna elèctrica i els gasos reaccionen formant aigua:



Quina quantitat d'aigua obtindrem?

- a) 200 g
- b) 150 g
- c) 112,5 g
- d) 56,2 g

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

SEMINARI PERMANENT DE QUIMICA
INSTITUT DE CIENCIES DE L'EDUCACIO
UNIVERSITAT DE BARCELONA

Enquesta sobre algunes qüestions d'estequiometria i equilibri

COU

1 - Donada la següent reacció en equilibri:



indiqueu si el rendiment de $\text{NH}_3(\text{g})$ augmenta, disminueix o no canvia:

- a) quan disminueix la pressió
- b) quan augmenta la temperatura
- c) quan disminueix la concentració de nitrogen
- d) quan disminueix el volum del recipient
- e) quan s'afegeix un catalitzador

2 - Tenim separatament 1 g d'hidròxid de liti, 1 g d'hidròxid de sodi i 1 g d'hidròxid de potassi dissolts en aigua. Quin de tots tres necessita més quantitat d'àcid clorhídric per ser neutralitzat?

- a) L'hidròxid de liti
- b) L'hidròxid de sodi
- c) L'hidròxid de potassi

d) Tots tres igual.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

3 - Què li passa al pH d'una dissolució diluïda d'àcid acètic quan li afegim una petita quantitat d'acetat de sodi?

- a) augmenta
 - b) disminueix
 - c) no canvia
 - d) sempre és igual a 7
-

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

4 - Tenim separadament un litre de dissolució d'àcid acètic i un litre de dissolució d'àcid clorhídric que tenen el mateix pH. Quina dissolució necessita més quantitat d'hidròxid de sodi per ser neutralitzada?

- a) la d'àcid acètic
 - b) la d'àcid clorhídric
 - c) totes dues igual
 - d) falten dades per contestar
-

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

5 - La reacció $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$

suposem que transcorre totalment. Partim d'una mescla constituïda per 5 l de NO i 5 l de O_2 , tots dos en condicions normals. Quants litres de gas, en condicions normals, hi ha després d'haver-se realitzat la reacció?

- a) 5
 - b) 7'5
 - c) 10
-

d) 15

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

6 - El I_2 i el H_2 reaccionen segons l'equació en equilibri



Completeu el següent quadre:

	I_2	H_2	HI
mols inicials	0'062	0'242	0
mols a l'equilibri	0'024		

7 - A un matràs d'1 l de capacitat hi col.loquem 2 mols de $A_2(g)$, 2 mols de $B_2(g)$ i 4 mols de $AB(g)$. En quin sentit tindrà lloc la reacció per arribar a l'equilibri, sabent que la constant d'equilibri del procés,



és $K_c = 20$.

- a) cap a la dreta
- b) cap a l'esquerra
- c) en cap sentit
- d) no poden estar en equilibri

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

8 - A una bombona que conté butà i proveïda d'un manòmetre s'observa que la pressió es manté constant malgrat que es consumeixi gas, si no canvia la temperatura. Per què es manté constant la pressió?

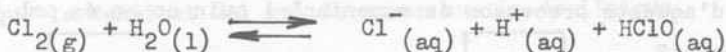
- a) sempre hi ha la mateixa quantitat de gas.
- b) perquè la quantitat de fase líquida permanenceix constant.

- c) perquè la pressió de vapor d'un líquid, a una temperatura donada, és constant.
- d) la velocitat d'evaporació del butà líquid és constant.
- e) perquè el butà és un gas.

--

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

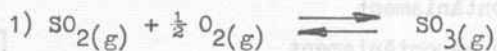
9 - Tenim l'equilibri



Què li passa a la concentració de clor?(Contesteu: augmenta, disminueix, no canvia)

- a) si hi agreguem nitrat de plata
- b) si hi agreguem clorur de bari
- c) si hi agreguem nitrat de sodi
- d) si hi agreguem hidròxid de sodi

10- Considera els dos equilibris gasosos:



les constants d'equilibri que tenen són, respectivament, K_1 i K_2 .

De les relacions següents, quina és la correcta?

- a) $K_2 = K_1$
- b) $K_2 = K_1^2$
- c) $K_2 = 1/K_1^2$
- d) $K_2^2 = K_1$
- e) $K_2 = 1/K_1$

--

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

11- Els processos es poden caracteritzar amb el signe de ΔH i ΔS .

Procés	ΔH	ΔS
1	-	+
2	+	-
3	-	-
4	+	+

Quin d'aquests processos és espontani i quin no ho és amb tota seguretat?

Espontani

No espontani

12- A una temperatura donada el ΔG del procés



val $-10 \text{ kcal mol}^{-1}$. Quina afirmació és correcta a aquesta temperatura?

- a) el sistema està en equilibri
- b) es formarà CO_2 espontàniament
- c) CO_2 es descompondrà espontàniament
- d) el procés tindrà lloc reversiblement
- e) el procés no és possible.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

13- L'àcid acètic en dissolució aquosa és parcialment ionitzat.



Quants mols de OH^- faran falta per neutralitzar 1 mol d'àcid acètic?

- a) menys d'1 mol de OH^-
- b) exactament 1 mol de OH^-
- c) més d'1 mol de OH^-

d) depèn de la constant d'acidesa de l'àcid acètic

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

14- Un recipient conté, en equilibri, gel i aigua a 0°C i 1 atm.



¿Cap a on es desplaçarà l'equilibri si, mantenint la temperatura a 0°C, hom augmenta la pressió damunt el sistema gel-aigua? Recordeu que la densitat del gel és menor que la de l'aigua.

- a) Cap a la formació d'aigua.
- b) Cap a la formació de gel.
- c) No hi ha desplaçament.

Poseu al requadre la lletra que correspon a la resposta correcta.

RESULTATS DE L'ENQUESTA DE TERCER CURS DE BUP

Respostes rebudes: 276

Pregunta	Resultats %		
	Resp. correcta	Rèsp.incorrecta	No respon
1a	73,30	26,14	0,57
1b	64,77	30,68	4,55
1c	80,68	17,61	1,70
1d	71,42	25,14	3,43
1e	90,34	9,10	0,57
2a	72,16	23,85	3,98
2b	79,54	15,34	5,11
2c	58,52	34,66	6,82
3	57,39	26,71	15,91
4	47,16	38,06	14,77
5	43,75	42,04	14,28
6	46,99	33,73	19,28
7	50,56	38,64	10,80
8	33,71	54,86	11,43
9	63,64	27,84	8,52
10	50,00	40,35	9,66
11	37,50	47,73	14,77

Nº de centres enquestats: 8

RESULTATS DE L'ENQUESTA DE C.O.U.

Respostes rebudes: 404

Resultats %			
Pregunta	Resp. correcta	Resp. incorrecta	No respon
1a	75,00	23,36	1,64
1b	58,17	39,22	2,61
1c	88,20	10,82	0,98
1d	62,62	34,10	3,28
1e	63,58	30,79	5,63
2	42,24	52,14	5,61
3	49,01	47,35	3,64
4	23,03	70,07	6,91
5	35,31	59,74	4,95
6	51,41	44,18	4,42
7	57,57	38,82	3,62
8	68,65	22,11	9,24
9a	43,56	43,56	12,87
9b	75,83	10,60	13,58
9c	51,49	31,35	17,16
9d	48,16	35,12	16,72
10	60,20	35,20	4,61
11a	73,60	19,80	6,60
11b	71,95	21,45	6,60
12	68,09	21,38	10,53
13	33,44	57,95	8,61
14	48,84	44,56	6,60

Nº de centres enquestats: 10

Resultats

Anàlisi dels resultats de l'enquesta passada a alumnes de 3er. curs de BUP

A. Preguntes referents a estequiometria

Pregunta no. 3

Una elevada proporció dels alumnes enquestats (el 43%) no sap respondre correctament aquesta senzilla qüestió d'estequiometria, i, encara, un 11% d'entre ells opta per la resposta més grossera, la d (pesos iguals de tres hidròxids diferents consumeixen quantitats iguals d'àcid clorhídric).

Aquest resultat posa clarament de manifest que l'adquisició de l'hàbit de pensar en mols en lloc de pensar en grams és un procés llarg que molts alumnes troben difícil, per la qual cosa, encara que ja ha començat a ésser treballat durant el segon curs de BUP, cal continuar exercitant durant el tercer curs de BUP (i àdhuc durant el COU).

Pregunta no. 4

El 47% dels alumnes dona la resposta correcta. Del 53% restant, un 12% donen la resposta c, la qual cosa vol dir que, encara que obliden emprar la constant d'Avogadro, tenen present que cada mol de clorur de bari dona tres mols d'ions en solució.

En total, doncs, només un 59% dels alumnes té present el fet de la dissociació iònica. Això vol dir que a classe i al laboratori cal insistir molt més en les diferències entre electròlits i no electròlits. La conducció del corrent elèctric i l'electròlisi són fets experimentals l'explicació dels quals contribueix a aclarir la idea de l'existència

dels ions a les solucions d'electròlits. Aquests fets ja han estat tractats al 2on curs de BUP; algunes nocions relatives a l'existència dels ions han estat introduïdes ja als últims nivells d'EGB.

Els resultats obtinguts en aquesta qüestió no. 4, d'altra banda, posen de manifest una deficiència alarmant en la comprensió de la diferència existent entre nombre de mols i nombre de partícules, que l'alumne hauria d'haver assimilat perfectament a aquest nivell. L'alumne hauria de veure clar també que el concepte de mol és aplicat a qualsevol classe de partícules: molècules, ions, àtoms, electrons, etc.

Pregunta no. 5

Aquesta qüestió d'estequiometria presenta novament un percentatge baix (44%) de respostes correctes. En aquest cas donar la resposta correcta presuposa tenir clar que la relació entre els nombres de mols de substàncies gasoses que reaccionen és també una relació entre els volums d'aquestes substàncies, mesurats sota condicions iguals de pressió i de temperatura.

Creiem que en l'ensenyament d'aquests temes s'hauria de posar més atenció als problemes d'estequiometria entre gasos, així com també concretament al fet que la relació entre les quantitats de substàncies reaccionants presents inicialment en una reacció donada no ha d'ésser necessàriament igual a la relació estequiomètrica que figura a l'equació de la reacció.

Pregunta no. 6

Tampoc en aquesta pregunta d'estequiometria, ara referida a una reacció reversible, s'assoleix un mínim del 50% de respostes correctes. Es posa, doncs, de manifest, que els conceptes de l'estequiometria no estan assimilats prou fermament per a tractar de l'equilibri químic.

Hi ha tres nivells d'interpretació que un percentatge elevat d'alumnes no arriba a veure clar, i sobre els quals nivells el profes-

sor hauria d'insistir suficientment. Aquests nivells són, per a la reacció



1) Si la reacció és irreversible, quan es barregen inicialment un nombre de mols de la substància A amb un altre nombre de mols de la substància B, i aquests nombres estan en la relació de \underline{a} a \underline{b} , les substàncies A i B reaccionen totalment donant productes.

2) També en el cas de reaccions irreversibles, si aquells nombres de mols no estan en la relació de \underline{a} a \underline{b} , cal tenir en compte quina de les dues substàncies és present en defecte (reactiu limitant).

Si $\frac{\text{nombre de mols d'A}}{\text{nombre de mols de B}} < \frac{a}{b}$, és A qui està en defecte;

si $\frac{\text{nombre de mols d'A}}{\text{nombre de mols de B}} > \frac{a}{b}$, és B que està en defecte.

La substància que està en defecte reacciona totalment, i consumeix el nombre de mols necessari de la que està en excés. Per exemple, si A està en defecte,

nombre de mols de B consumits = nombre de mols d'A presents inicialment $\times b/a$,

i la resta en excés d'aquesta substància queda inalterada.

3) Si la reacció és reversible. Siguin quins siguin els nombres de mols d'A i de B posats inicialment a la mescla, aquests no reaccionen totalment. L'única cosa que ens diu l'equació de reacció és que per cada \underline{a} mols d'A que reaccionen ho fan també \underline{b} mols de la substància B. Per tal de conèixer el nombre real de mols que reaccionen d'una de les dues substàncies ens cal conèixer el valor de la constant d'equilibri o bé dades analítiques adequades de la composició de la mescla final en equilibri.

Pregunta no. 11

Només contesten correctament un 37% dels alumnes enquestats. Novament es fa evident la manca de pràctica en els càlculs estequiomètrics, agreujada, en aquest cas, com en el de la qüestió no. 5, per la dificultat addicional que suposa donar-se compte que un dels reactius és present en excés.

B. Preguntes referents a l'equilibri

Pregunta no. 1

Els efectes de la pressió, del volum i de la concentració sobre la situació de l'equilibri són contestats correctament per un 75% aproximadament dels alumnes enquestats; l'efecte de la temperatura només ho és per un 65%. Un 90% dels alumnes sap que els catalitzadors no influeixen sobre la situació de l'equilibri.

El fet que sigui més petit el nombre de respostes correctes en el cas de l'efecte de la temperatura és atribuït a la complicació addicional que suposa l'haver de deduir el caràcter exotèrmic de la reacció a partir del signe negatiu de ΔH . En aquest sentit ens cal emfatitzar fortament la necessitat d'emprar un criteri coherent per al signe del calor al llarg de tot el batxillerat, de manera que ja des del començament hom estableixi que $q < 0$ per als processos exotèrmics i $q > 0$ per als endotèrmics.

Pregunta no. 2

El 75% dels alumnes respon correctament els casos dels equilibris homogenis (casos a i b), mentre que només el 58% respon bé el cas dels equilibris heterogenis (cas c), i això malgrat que la resposta seria idèntica a la correcta si per error, l'alumne considerés el sistema com a homogeni. Aquesta disminució en el nombre de respostes correctes és deguda evidentment a una menor familiarització amb els sistemes heterogenis. Es, doncs, aconsellable d'utilitzar al 3er. curs de BUP un

nombre més gran d'exemples d'equilibris d'aquest tipus.

Pregunta no. 7

Només un 50% dels alumnes ha captat que el valor numèric de la constant d'equilibri d'una reacció donada depèn no solament dels coeficients numèrics que afecten les substàncies implicades, si no també del sentit en què és escrita l'equació de reacció.

En introduir a classe el concepte de la constant d'equilibri cal insistir en el fet que el valor numèric d'aquesta constant no és un valor absolut característic d'un sistema en equilibri sinó que està vinculat a una equació de reacció escrita en una forma determinada.

Pregunta no. 8

Només responen correctament el 34% dels alumnes enquestats. Hom constata novament la dificultat que els alumnes troben en els equilibris heterogenis. La majoria d'alumnes desconeix que la situació de l'equilibri no és afectada per la quantitat més gran o més petita de sòlid present. Insistim aquí en el comentari fet a la pregunta no. 2.

Pregunta no. 9

Responen correctament un 64% dels alumnes, la qual cosa és considerada com un resultat bastant satisfactori si hom té en compte, d'una banda, que es tracta del cas d'un equilibri físic, tipus d'equilibri que generalment és menys estudiat que l'equilibri químic, i, d'altra, que la resolució de la qüestió exigeix un raonament per etapes (encara que una de les etapes sigui tan elemental com veure que a una densitat menor correspon un volum més gran). Creiem que seria interessant d'incloure la discussió dels equilibris físics (líquid - vapor, sòlid - vapor, sòlid - solució) junt amb l'estudi de l'equilibri químic.

Pregunta no. 10

Responen correctament el 50% dels alumnes enquestats. Si hom

té en compte que actualment el concepte de pressió de vapor és discutit només al segon curs de BUP, i que encara, segurament, li és dedicada poca atenció (tota vegada que a aquest nivell no s'ha estudiat cap aspecte de l'equilibri líquid - vapor) hom ha de considerar que el resultat obtingut no és insatisfactori del tot.

Anàlisi dels resultats de l'enquesta passada a alumnes de COU

A. Preguntes referents a estequiometria

Pregunta no. 2 (idèntica a la pregunta no. 3 de l'enquesta de 3er. curs de BUP)

Respon correctament només el 42% dels alumnes enquestats; aproximadament el 34% dels alumnes trien la resposta incorrecta d (pesos iguals dels tres hidròxids consumeixen quantitats iguals d'àcid clorhídric). Aquests resultats són considerats com a francament dolents, encara pitjors que els obtinguts amb els alumnes de 3er. curs de BUP. [Veure els comentaris a la pregunta no. 3 de l'enquesta de 3er. de BUP].

No podem explicar-nos d'una manera concloent el fet que hàgim trobat amb els alumnes de COU resultats pitjors (en aquesta pregunta i alguna de les següents) que amb els alumnes de 3er. curs de BUP. No és vàlida la interpretació d'aquest fet atribuint-lo a què els alumnes de COU hagin oblidat ja matèries estudiades als cursos anteriors, tota vegada que les preguntes són d'un caràcter tan bàsic que llur resposta no exigeix coneixements específics, sinó solament conceptes clars. Dues interpretacions temptatives (per a confirmar les quals, o per a acceptar-ne l'una o l'altra, hauríem de disposar d'una mostra molt més gran d'alumnes, procedents d'una varietat més gran de tipus de centres) podrien ésser les següents:

a) Alguns dels alumnes que cursen la Química del COU no han cursat prèviament l'assignatura de Física i Química de 3er. curs del BUP, cosa que encara que sigui mancada de lògica és una possibilitat real dins l'organització actual del sistema educatiu.

b) Com que les dues enquestes han estat passades a centres de BUP en els quals també es cursa el COU, i com que aquests centres han de recollir per a fer COU alumnes procedents d'altres centres que només fan el batxillerat però no el COU, les mostres preses per a les dues enquestes no són homogènies. És probable que hi hagi entre aquests alumnes esmentats darrerament alguns que siguin d'un nivell més baix, si s'accepta una hipòtesi que diu que entre els centres que no han volgut acreditar-se per a fer el COU n'hi ha que treballen amb menys qualitat, rigor o eficàcia.

Pregunta no. 5 (idèntica a la pregunta no. 5 de l'enquesta de 3er. curs de BUP).

Respon correctament només el 35% dels alumnes, resultat molt dolent que queda novament per dessota de l'obtingut a 3er. curs de BUP. [Veure els comentaris a la pregunta no. 5 de l'enquesta de 3er. de BUP].

Pregunta no. 6 (idèntica a la pregunta no. 6 de l'enquesta de 3er. curs de BUP).

El percentatge de respostes correctes és del 51%, lleugerament superior a l'obtingut al 3er. curs de BUP, però també insuficient, ja que aquesta pregunta consisteix en un càlcul estequiomètric directe senzillíssim.

A la vista dels valors tan baixos dels resultats obtinguts a les preguntes 2, 5 i 6, cal concloure que és alarmantment baix el nivell existent entre els alumnes de COU en un punt tan fonamental com el de l'estequiometria.

B. Preguntes referents a l'equilibri

Pregunta no. 1 (idèntica a la pregunta no. 1 de l'enquesta de 3er. curs de BUP).

Els efectes de la pressió, del volum i de la concentració sobre la situació de l'equilibri són ben contestats per un percentatge elevat dels alumnes (75% i 88% respectivament). Contràriament a això,

soprèn els valors tan baixos dels percentatges de respostes correctes en relació a l'efecte de la temperatura (58%) i al del catalitzador (63%), àdhuc més baixos que els obtinguts a 3er. de BUP, sobretot si hom té en compte que es tracta de conceptes bàsics vistos ja el curs anterior. [Veure els comentaris a la pregunta 1 de l'enquesta de 3er. de BUP].

Tots aquests efectes de les variables experimentals sobre la situació dels equilibris es solen estudiar a partir del principi de la rebel·lia, de Le Chatelier, l'enunciat del qual és una descripció, qualitativament vàlida, del comportament dels sistemes. Ara bé, des del punt de vista quantitatiu, cal tenir present la natura diferenciada de l'efecte produït per les variacions de la temperatura, ja que si bé la pressió, el volum o la concentració afecten els sistemes en equilibri modificant-ne la composició final sense alterar el valor de la constant d'equilibri, les variacions de temperatura, en canvi, afecten aquesta composició final precisament perquè modifiquen el valor de la constant d'equilibri. Caldria que els alumnes de COU vegessin ben clara aquesta diferència, la qual es reflecteix en equacions termodinàmiques diferents que són incloses en el qüestionari de COU.

Pregunta no. 3

Respon correctament només un 49% dels alumnes. Que el percentatge de respostes correctes sigui menor que en el cas de la qüestió 1c cal atribuir-ho a què per a respondre la pregunta 3 és necessari el coneixement addicional dels equilibris iònics, de l'efecte de l'ió comú i el del pH.

Hom observa que el percentatge de respostes correctes minva en aquelles preguntes que, com aquesta, obliguen a un raonament per etapes successives. En efecte, aquesta qüestió no. 3 implica relacionar la variació de la concentració d'ió acetat amb la de l'ió H^+ , i finalment aquesta amb el pH.

Pregunta no. 4

El percentatge de respostes correctes és petit (23%), però, malgrat tot, no ens sembla que sigui un resultat del tot dolent, donada la dificultat relativa de la pregunta. En efecte, la seva resolució presuposa tenir clar que la neutralització de volums iguals de solucions d'igual concentració d'àcid clorhídric i d'àcid acètic exigeix quantitats iguals d'hidròxid de sodi, però, per a tenir una mateixa concentració d'ions hidrogen, la solució d'àcid acètic ha d'ésser molt més concentrada que la de clorhídric, ja que es tracta d'un àcid dèbil.

Pregunta no. 7

El 57% dels alumnes respon correctament, resultat que indica que només poc més de la meitat dels alumnes enquestats comprenen la utilitat del valor numèric de la constant d'equilibri per a decidir en quin sentit evolucionarà un sistema químic dels components del qual coneixem les concentracions inicials.

Pregunta no. 9

La qüestió 9a és contestada correctament només pel 44% dels alumnes, cosa que indica òbviament un grau elevat de desconeixement de la insolubilitat del clorur d'argent.

La qüestió 9b és contestada correctament en un 75% dels casos, la qual cosa indica (com en el cas de la qüestió 1c) que l'efecte de les variacions de concentració sobre la situació de l'equilibri és compresa per la majoria dels estudiants quan és plantejada d'una manera directa.

La qüestió 9c és contestada correctament pel 52% dels alumnes. En aquesta qüestió es presenta el percentatge d'abstencions més alt (un 17%), probablement perquè l'alumne insegur malfia de la resposta correcta, que l'addició d'una sal inert, el nitrat de sodi, no té cap efecte sobre l'equilibri (si hom no té en compte la variació de la força iònica, la qual a aquest nivell de l'ensenyament s'ha

d'ignorar).

La qüestió 9d és contestada bé per un 48% dels alumnes, resultat que considerem molt baix, similar al de la qüestió 9a, en la que l'equilibri es desplaça per la variació de la concentració d'un dels components, com a conseqüència, però, en aquest cas, d'una reacció química prèvia.

Pregunta no. 10 (idèntica a la pregunta no. 7 de l'enquesta de 3er. curs de BUP).

Aquesta qüestió rep un 60% de respostes correctes, percentatge que considerem relativament elevat, substancialment més alt que l'obtingut amb els alumnes de 3er. curs de BUP. Cal reconèixer que es tracta d'una qüestió més de tipus algebraic que de concepte químic. Molts alumnes no deuen trobar aquest concepte químic tan senzill com sembla, donat que no saben relacionar les constants d'equilibri d'una reacció inversa i d'una reacció directa. [Veure els comentaris a la pregunta no. 7 de l'enquesta de 3er. curs de BUP]:

Pregunta no. 11

Aquesta és una de les qüestions en les que s'ha obtingut un percentatge més elevat de respostes correctes. Sembla que un gran nombre d'alumnes associen l'espontaneïtat d'una reacció química amb el signe negatiu del seu ΔG .

Pregunta no. 12

El 68% de respostes correctes obtingudes en aquesta qüestió referent a l'espontaneïtat d'un procés i a la seva relació amb els signes de ΔH i de ΔS , posa novament de manifest que aquesta relació és ben entesa per la majoria dels alumnes.

Podria ésser una causa dels bons resultats obtinguts en aquestes qüestions 11 i 12, almenys parcial, el fet que donada la seva situació en el programa aquest tema hagués estat motiu de les classes de l'assignatura (o de classes de repàs i recapitulació) en algun mo-

ment en què es va passar l'enquesta. Una altra causa la podríem trobar en el fet que les respostes exigides impliquen, estrictament, l'aplicació directa d'una fórmula ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$), aplicació que és possible àdhuc sense haver assimilat totalment els conceptes que implica.

Pregunta no. 13

Aquesta qüestió ha donat un percentatge molt baix de resultats correctes (el 33%). És evident que els alumnes no perceben el desplaçament de l'equilibri de dissociació àcida en addicionar ions hidròxid i reaccionar aquests amb els ions hidrogen.

La coincidència observada a les preguntes 3, 4, 9 (excepte 9b) i 13, relatives totes elles a equilibris iònics, que totes han donat percentatges més baixos de resultats correctes que els obtinguts en preguntes anàlogues referents a equilibris moleculars, és una constatació del fet que l'equilibri iònic no ha estat entès correctament ni assimilat suficientment, la qual cosa deriva òbviament de l'observació obtinguda de l'enquesta de tercer curs de BUP en relació amb la dificultat mostrada pels alumnes a entendre el fet de la simple existència dels ions.

Potser la forma en què és indicat que l'àcid acètic és un àcid dèbil (l'enunciat diu que és un àcid que està parcialment ionitzat) ha pogut induir en molts casos a donar una resposta incorrecta (la a).

Pregunta no. 14 (idèntica a la pregunta 9 de l'enquesta de 3er. curs de BUP)

El percentatge de respostes correctes a aquesta qüestió (48%) és més baix que l'obtingut a l'enquesta de 3er. curs de BUP. Això demostra la necessitat de tornar a insistir en el transcurs del COU en l'estudi dels equilibris físics de canvi de fase (líquid - vapor, sòlid - solució, etc.).

CONCLUSIONS

Partint del fet que els alumnes que han respost l'enquesta ja han resolt abans problemes sobre els temes que s'han proposat, els percentatges de respostes correctes es consideren insuficients. Aquest Seminari constata que molts estudiants no han aconseguit d'arribar a pensar químicament.

Quan les preguntes es poden contestar d'una manera directa, el tant per cent de respostes correctes és molt superior al que s'obté quan les preguntes exigeixen un raonament lògic amb diversos passos successius. Els resultats de l'enquesta ens permeten afirmar que si, per exemple, la pregunta 3 de 3er. de BUP (i la 2 de COU) s'haguessin formulat preguntant primerament el nombre de mols i en segon lloc el consum de HCl, el tant per cent de respostes correctes hauria estat substancialment superior.

Aquesta deficiència observada en la capacitat de pensar químicament s'ha d'atribuir evidentment a la manca de claredat dels conceptes químics en l'alumne.

Aquest Seminari es proposa continuar fent aquest tipus d'enquestes en cursos successius per tal de disposar d'una mostra més àmplia i de coneixements sobre altres aspectes no considerats a l'estudi present. De tota manera, mogut pel desig de corregir com més aviat millor els defectes observats, gosa anticipar unes primeres recomanacions:

Es important que els alumnes sàpiguen interpretar sempre el significat químic de les operacions de càlcul que realitzen. No sembla convenient que es resolguin els problemes amb regles de tres o amb proporcions aritmètiques, ni tampoc que es faci un ús irreflexiu i abusiu dels factors de conversió, sobretot a 2on. de BUP, perquè els alumnes tendeixen a adoptar aquests procediments simplement com a artificis de

càlcul que els estalvien l'esforç de pensar. Els alumnes que actuen així perden el concepte químic del problema i només es preocupen de multiplicar, dividir i simplificar.

Atesa la importància essencial que té el fet que l'alumne tingui ben clars els conceptes bàsics de la química, per poder resoldre els càlculs basats en les equacions de reacció, abans d'iniciar aquests càlculs convé insistir en els conceptes, en particular els de constant d'Avogadro, mol, volum molar... i no s'ha de deixar de banda la resolució d'exercicis senzills i reiterats, com poden ser els de pas de grams a mols, de mols a molècules, àtoms o ions, de volum de gas a mols de gas, etc, etc...

Quan s'arriba a l'equació química s'hauria de remarcar el significat molar dels coeficients. Els càlculs sobre exemples senzills de reaccions irreversibles on els reactius no siguin presents en llur proporció estequiomètrica, poden contribuir a assolir aquest objectiu, ja a 2on. curs de BUP. Si aquestes qüestions que indiquem són ben enteses, quan s'arriba a 3er., els càlculs estequiomètrics en una equació química en equilibri no presenten dificultats. Aquests càlculs han de ser molt senzills.

Es essencial que s'insisteixi en l'aspecte qualitatiu de predir el sentit en què es desplaça un sistema en equilibri quan se n'alteren les condicions. Es recomana que es proposin exemples d'equilibris físics de canvi de fases, tant com de químics, homogenis i heterogenis. Durant el 2on. curs de BUP s'introdueix l'estudi dels processos de vaporització, fusió, sublimació i anàlegs. Encara que als programes de 3er. curs i de COU no hi figura explícitament l'estudi dels equilibris físics, sembla que és molt convenient que el professor n'introdueixi l'estudi com a exemple d'equilibri heterogeni. L'estudi dels equilibris físics és conceptualment idèntic al de l'equilibri químic i permet de visualitzar més fàcilment les característiques de l'equilibri i de la seva variació sota la influència de factors externs.

Creiem finalment, que, hem d'insistir encara en un punt que

té la màxima importància dins l'ensenyament de la química, el de la significació real de les equacions químiques. És imprescindible que l'alumne assimili perfectament el fet que una equació química no és altra cosa que una representació simbòlica d'un procés real, que una equació química, per ella mateixa, no és altra cosa que el balanç de matèria d'un procés que té lloc en la realitat. Aquesta assimilació no s'aconseguirà si el professor no insisteix suficientment en la significació qualitativa i quantitativa de cada símbol, de cada fórmula, de cada coeficient. En realitat, aconseguir que l'alumne es dongui compte clarament que una fórmula com H_2SO_4 , per exemple, no és altra cosa que la representació simbòlica d'un compost que existeix realment, i de la seva composició, i d'una quantitat definida d'aquest compost, no és un problema que s'hagi de resoldre amb moltes pràctiques de laboratori, sinó amb uns conceptes clars, molts pocs conceptes, però molt clars. És un cas anàleg al de la resolució de problemes, que no és mai qüestió de fer-ne molts, sinó de treure de cada problema que es faci tot el suc possible, de posar de manifest a cada problema que es faci tot el joc conceptual que implica.

IC
A
57

publicacions
edicions
universitat
de barcelona



Comentaris sobre alguns aspectes de l'ensenyament de l'equilibri químic