

1^{es} JEQC 

L'ENSENYAMENT DE L'EQUILIBRI QUÍMIC A SECUNDÀRIA: REpte I PROPOSTES EDUCATIVES.

Carme Grimalt Álvaro¹ i Roser Pintó Casulleras¹

¹*Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM)*

Universitat Autònoma de Barcelona

Carme.Grimalt@uab.cat, Roser.Pinto@uab.cat

Resum

En l'article següent es discuteixen les principals dificultats del model d'equilibri químic a l'hora de dissenyar una seqüència d'ensenyament – aprenentatge així com es descriu i justifica el disseny d'una pràctica de laboratori al voltant del contingut esmentat.

Paraules clau: Equilibri químic, ensenyament i aprenentatge de les ciències, concepcions alternatives.

TEACHING CHEMICAL EQUILIBRIUM AT SECONDARY SCHOOL: CHALLENGE AND EDUCATIONAL PROPOSALS.

Carme Grimalt Álvaro¹ i Roser Pintó Casulleras¹

¹*Center for Research in Science and Mathematics Education (CRECIM)*

Autonomous University of Barcelona

Carme.Grimalt@uab.cat, Roser.Pinto@uab.cat

Abstract

This paper describes the main difficulties about the chemical equilibrium model when designing a teaching – learning sequence. In the same way, a proposal for laboratory work based on chemical equilibrium is discussed and justified.

Keywords: Chemical equilibrium, Science Education, Alternative conceptions.

1. L'EQUILIBRI QUÍMIC A LA SECUNDÀRIA: UNA RELACIÓ PROBLEMÀTICA

El model d'equilibri químic és un dels més complets i potents dins de la química a secundària, ja que no només és la base de bona part d'altres de conceptes i models químics, sinó que permet establir connexions directes amb altres matèries com la biologia [1]. Malgrat els avantatges i la gran riquesa i potencialitat, el model d'equilibri químic és considerat com un dels més reptes per al professorat més difícils de l'ensenyament de la Química a secundària, ja que no només està relacionat amb nombrosos errors conceptuals dels alumnes, sinó que el mateix professorat pot originar-ne amb la pròpia pràctica docent, per exemple, focalitzant l'ensenyament de l'equilibri químic en la resolució de problemes a partir d'un algoritme estudiat prèviament [2].

En aquest apartat s'exposaran algunes de les dificultats que tenen els estudiants en relació al model d'equilibri químic per tal de poder esbossar propostes docents concretes i reals en apartats posteriors.

1.1. Concepcions alternatives

El terme de concepcions alternatives s'utilitza per descriure aquelles idees que són significativament diferents de les que estan acceptades per la comunitat científica, són molt comunes entre persones de diferents nivells educatius i persistents entre les diverses cultures, ja que normalment es desprenen d'interpretacions d'observacions quotidianes de la realitat o del coneixement informal [3]. Per exemple, la creença de que la velocitat de caiguda en el buit d'un piano serà major que la velocitat de caiguda d'una ploma en el buit o bé, que les diferents estacions de l'any són degudes a la trajectòria el·líptica de la Terra al voltant del Sol [4], són idees alternatives ben documentades.

1.2. Canvis observables com a conseqüència d'una reacció química

A un nivell senzill, per tal d'introduir als alumnes a la comprensió del model de canvi químic, s'acostuma a associar una reacció amb un canvi observable (color, temperatura, precipitació, despreniment gasós, etc.). Tot i així, a nivells més superiors aquesta aproximació és perjudicial per a entendre la reversibilitat de les reaccions, ja que dificulta la comprensió de l'existència d'una reacció inversa que no es pot observar. Es tracta d'un dels inconvenients derivats directament de la pràctica docent i, per tant, caldrà tenir cura a l'hora d'explicar el model de canvi químic per no induir idees equivocades [5].

De la mateixa manera, el fet de que les propietats macroscòpiques com la concentració, el pH etc., a l'equilibri es mantinguin constants en el temps reforça la idea de l'equilibri químic com quelcom estàtic en el que no hi ha cap tipus de reacció, ja que no hi ha canvis macroscòpics



observables. Aquest impediment provoca que els alumnes tinguin dificultats per relacionar la “teoria” amb la “pràctica” [3]

1.3. Simultaneïtat

Una altra dificultat molt present en el model d'equilibri químic és la idea o concepte de simultaneïtat de dues reaccions oposades. En general, per la forma en que s'estructura la generació del coneixement en els humans, la majoria d'explicacions de fenòmens observables i quotidians acostumen a estar vinculades amb relacions de causalitat i nexes temporals entre esdeveniment i esdeveniment. En aquest sentit, si s'observa que sempre que apareix A després apareix B, es conclou fàcilment que A és la causa de B i que primer ha d'aparèixer A perquè es pugui observar B [6]. Respecte al model d'equilibri químic, els estudiants poden creure que la reacció directa es realitza de manera completa abans de que la reacció inversa comenci i que aquesta darrera també s'ha de realitzar completament perquè la reacció directa tingui lloc. La dificultat de visualitzar i entendre processos que s'esdevenen simultàniament, alhora que la incapacitat per explicar aquest tipus de fenòmens amb un llenguatge verbal o escrit que depèn del temps, pot conduir als alumnes a assimilar el model d'equilibri químic al comportament d'un pèndol, en el que les concentracions de productes i reactius oscil·len segons tingui major o menor importància la reacció directa o la inversa [5] i [3].

2. SIGNIFICATS CONFUSOS I DIVERSOS DEL TERME

“EQUILIBRI”

Algunes paraules que s'utilitzen en àmbits científics, tenen altres significats en contextos quotidians i s'utilitzen habitualment. Aquest és el cas del terme “equilibri”. Quan una persona diu que “està fent equilibris” o que una situació està “en equilibri” o que “té un gran equilibri emocional” acostuma a relacionar aquest terme amb la idea d'estabilitat i de manca de moviment. Aquests significats quotidians tenen molt de pes a l'hora d'interpretar els fenòmens observats a la llum del model d'equilibri químic i ajuden a reforçar la idea de que les reaccions s'acaben quan s'arriba a l'equilibri.

Per altra banda, quan s'utilitzen les paraules “equilibri químic” indueix a pensar que hi ha quelcom que s'equilibra, és a dir, que s'iguali. Els alumnes, doncs, associen el fet de que un sistema assoleixi un estat d'equilibri implica que la concentració dels reactius i dels productes també siguin iguals. Aquesta concepció és força comuna [5] i [3]. De la mateixa manera, també es pot creure que, alhora d'intervenir en l'equilibri, la constant de reacció canvia amb modificacions de concentracions dels reactius o dels productes.

3. EL PRINCIPI DE LE CHÂTELIER

Per acabar, nombrosos estudis es mostren crítics amb l'ús del principi de Le Châtelier que s'utilitza tot sovint a les aules per predir o explicar el comportament químic d'un sistema en equilibri quan es provoquen modificacions en la pressió, volum, concentració o temperatura [5], [7] i [2], entre d'altres. Les postulacions simples d'aquest principi (quan s'aplica una pertorbació a un sistema en equilibri aquest respon oposant-se al canvi), que són les que s'utilitzen habitualment poden conduir a conclusions equivocades o, fins i tot, a errors d'aprenentatge: els estudiants s'aprenen de memòria el principi i l'apliquen sense entendre'l, a vegades fora de les condicions en les que és vàlid, com per exemple en les modificacions del volum o la pressió. Així doncs, només es recomana utilitzar aquest principi com una conclusió de l'estudi cinètic de les reaccions, quan ja es pot entendre bé en què es fonamenta. També es recomana dividir-lo en enunciats més curts, concrets i limitats [7], [2] i [3].

4. ALGUNES RECOMANACIONS I PRECAUCIONS PER A L'ENSENYAMENT DE L'EQUILIBRI QUÍMIC

Molts autors recomanen realitzar experiments basats en reaccions químiques reversibles que fàcilment es puguin desplaçar dels reactius i als productes i a l'inrevés [7], [5] i [2] i d'aquesta manera es pot establir una discussió posterior a l'experiència per fer evident l'existència de reactius i productes en la mateixa solució. Igualment també pot ser útil l'ús de simulacions d'ordinador, analogies i metàfores per entendre l'equilibri químic ja que el fet de que siguin assimilables a situacions quotidianes facilita l'aproximació al model. Tot i així, cal tenir en compte que aquestes eines sempre tindran alguna limitació respecte al model original.

Per exemple, una de les analogies que més s'ha utilitzat tradicionalment és la de la transferència de líquids, que consisteix a passar líquid d'una proveta plena a una proveta més buida mitjançant una pipeta i a l'inrevés, de la proveta més buida a la proveta més plena. En el moment que s'estableix l'equilibri, el volum de les dues provetes pràcticament no varia malgrat que la persona continuï transferint líquid d'una proveta a una altra. Aquesta analogia senzilla ajuda a visualitzar el concepte d'equilibri químic dinàmic, ja que els alumnes poden observar directament el fenomen. De totes maneres té una gran limitació: potencia la idea de que els productes i els reactius estan en espais separats i que la concentració dels productes i reactius, és a dir, el volum de líquid en cada proveta de l'analogia, és el mateix en a l'equilibri. És per aquest motiu que aquesta analogia ha rebut fortes crítiques i actualment no s'utilitza gaire [7].

Una altra analogia que es considera que s'ajusta més al model científic és l'anomenada "guerra de les pomes".



Es tracta d'imaginar-se la situació següent: un noi té un pomer en el jardí de casa seva al qual li han caigut força pomes al terra perquè ja estaven malament. Per tal d'evitar recollir-les en una bossa, les comença a llençar al jardí del veí del costat. El veí, que justament es troba en el seu jardí, observa que comencen a caure pomes del jardí del costat i les torna a llençar al jardí del noi. Al cap d'una estona, si les dues velocitats amb les que es llencen les pomes cada veí és la mateixa, el nombre d'aquestes fruites a cada jardí arribarà a ser constant malgrat que les dues persones continuïn llançant-se-les. Aquesta analogia de l'equilibri químic dinàmic supera l'analogia anterior ja que, si bé cal realitzar un petit esforç d'imaginació, les similituds amb el model d'equilibri químic són més grans: si l'agilitat al llençar pomes de cada veí és diferent, el nombre de pomes a cada jardí serà també diferent i anirà variant amb el temps. És a dir, no s'arribarà a una situació d'equilibri.

En canvi, si les velocitats amb la que els veïns es llencen pomes s'acaba igualant, la quantitat de pomes a cada jardí es mantindrà constant, tot i que no necessàriament haurà de ser la mateixa entre els dos jardins. L'analogia pot servir per entendre millor què és la constant d'equilibri (la relació entre les pomes d'un jardí i d'un altre) i el fet que l'equilibri no impliqui igualtat de concentracions entre els reactius i els productes. Malgrat les avantatges, en l'analogia també es reforça la idea dels productes i reactius en espais diferents. A més, aquesta analogia només és matemàticament correcta per a una reacció del tipus $A \leftrightarrow B$ [7].

Per acabar, a la bibliografia es poden trobar descrits una multitud de recursos puntuals per ajudar a l'ensenyament i aprenentatge de l'equilibri químic, tot i que és important tenir en compte les seves limitacions. Malgrat aquests ajuts, gairebé no hi ha propostes docents complertes i avaluades que serveixin com a suport al professorat durant tota una seqüència i, per tant, es fa necessari dissenyar, implementar i avaluar materials educatius que siguin eficaços.

5. EL DISSENY DE SEQÜÈNCIES

Dissenyar un dispositiu pedagògic per a ensenyar implica bàsicament seleccionar les activitats d'ensenyament - aprenentatge que es considerin més adequades per als objectius triats i distribuir-les al llarg del temps. En aquesta selecció i seqüenciació d'activitats, la visió de la ciència i de l'aprenentatge del docent té un pes molt més important que els continguts pròpiament. Per exemple, des d'un punt de vista transmissiu, la lectura del llibre de text i les experiències de tipus demostratiu es consideren bàsiques. En canvi, des d'una perspectiva socioconstructiva, les interaccions entre els alumnes per construir el coneixement són fonamentals [8].

Aportacions de futur sobre l'Ensenyament de la Química a Catalunya

A l'hora de dissenyar un material educatiu, també és important tenir en compte com és el procés de construcció del propi coneixement. En aquest sentit, el desenvolupament del coneixement científic, per als mateixos científics, consisteix en la construcció, avaluació i revisió progressiva o cíclica de models. Per tant, en coherència amb el que s'ha exposat, a l'hora de planificar propostes docents, és important dissenyar seqüències en els que l'aprenentatge es concebi com un procés a través del qual uns models inicials puguin evolucionar cap a altres models plantejats des del referent de la ciència actual. Així doncs, la modelització, la reflexió i millora progressiva dels propis models mentals dels estudiants a partir de cicles iteratius de generació, avaluació i modificació els ajuda a connectar els seus pensament amb les dades obtingudes del món exterior [9] i [8].

També és important a l'hora de dissenyar una seqüència d'ensenyament-aprenentatge fer emergir i tenir en compte els models previs dels alumnes així com revisar-los a la llum de les noves evidències obtingudes [9], [10]. En aquesta revisió i reformulació de models, el disseny de seqüències didàctiques ha d'afavorir el procés de d'auto-regulació de les idees de l'alumnat. Per tant, des d'aquesta perspectiva metodològica, l'accent no es posa en el canvi conceptual ni en l'aplicació del mètode científic, sinó en l'explicitació, a través de diferents llenguatges, de models explicatius per part de l'alumnat que siguin coherents amb els fets observats i que evolucionin amb la generació de noves experiències i amb l'intercanvi de punts de vista entre els membres del grup - classe [8].

La química en context

Un altre aspecte important a l'hora de dissenyar un material educatiu és oferir un coneixement proper i significatiu per a l'alumnat. En aquest sentit, l'ensenyament de la Química en context, l'objectiu d'ela qual és establir connexions entre la vida real i el coneixement científic acadèmic [11], pren una rellevància important.

L'enfocament que proposa la Química en context s'ha concretat en diversos currículums, com el Salters Advanced Chemistry en el Regne Unit, el Chemistry in Context i el ChemCom en els Estats Units i el Chemie im Kontext a Alemanya, entre altres. En aquests projectes innovadors, els estudiants no només tenen l'oportunitat d'analitzar els esdeveniments que succeeixen en la vida quotidiana, sinó que esdevenen més conscients de la connexió entre la Química i la seva vida diària alhora que s'impliquen més en el propi aprenentatge. En aquest sentit, el context d'una seqüència d'ensenyament – aprenentatge, a partir del qual es pretén desenvolupar el coneixement científic de l'alumnat, s'introdueix també per tal d'augmentar la seva curiositat [11].



Els avantatges de l'ensenyament en context no només són teòrics, sinó que al llarg de la implementació de diferents materials educatius i de currículums, s'ha identificat que aquest tipus d'ensenyament ajuda a augmentar la motivació dels estudiants, fomenta el treball individual i atorga més llibertat als estudiants per expressar les seves idees. Així doncs, l'ensenyament en context mostra la Química com quelcom rellevant, comprensible i amb significat [11].

Tot i així, cal reconèixer que també hi ha efectes negatius respecte a aquest tipus d'ensenyament, ja que no totes les àrees o els models es poden relacionar amb la mateixa facilitat amb un context real així com el tipus d'enfocament i habilitat docent per a establir comparacions entre la teoria i el món real és molt important. Igualment, també s'ha criticat que l'ensenyament en context pot prioritzar en excés aspectes concrets de la vida quotidiana provocant que es perdi de vista el model científic general i que l'alumnat es centri només en l'exemple, o bé que el professorat no estigui prou atent al coneixement previ de l'alumnat o a les seves idees alternatives [11].

En la proposta que es descriu en l'apartat següent, per tal d'intentar fer més proper el model d'equilibri químic als estudiants, es va triar com a context la variació del pH de l'aigua dels oceans causada pel desplaçament d'un sistema en equilibri químic (el sistema àcid carbònic – hidrogencarbonat – carbonat) amb l'absorció del CO₂ atmosfèric i els problemes ambientals que es poden derivar en els organismes vius. La pràctica, doncs, es planteja com una petita investigació per tal de poder arribar a entendre i explicar una notícia de diari que va desgranant la problemàtica descrita. D'aquesta manera, no només es connecta el model d'equilibri químic amb una situació real, sinó que es convida als alumnes a implicar-se en la sessió per tal de poder anar construint coneixement.

L'equilibri químic en una pràctica de laboratori

A partir de la bibliografia esmentada, es va dissenyar una pràctica de laboratori per a alumnes de Batxillerat d'una durada de 4h amb una pausa central d'uns 25 – 30 minuts que va ser implementada, avaluada i refinada en diversos cicles per tal d'optimitzar-la. La seqüenciació està realitzada de tal manera que els alumnes siguin protagonistes actius de l'activitat, explicitant i qüestionant els seus models mentals a partir de qüestions concretes respecte els seus propis coneixements. Per a aquest motiu, a més d'oferir una pràctica contextualitzada, el conjunt de la seqüència s'ha anat dividint en tasques i qüestions més petites i assequibles.

El resultat és que s'ha atorgat una importància gran al treball individual o en petit grup de l'alumnat, que es tradueix en la realització d' experiències i observacions i en la resposta a preguntes d'un guió de pràctiques. En el desenvolupament de la sessió també es realitzen

Aportacions de futur sobre l'Ensenyament de la Química a Catalunya

posades en comú perquè els diversos grups de treball comparteixin els resultats, s'anivellin els temps i es pugui discutir amb el grup – classe alguns aspectes importants de la pràctica.

A continuació, doncs, es descriurà el desenvolupament i la seqüenciació de la pràctica.

Exploració dels coneixements previs dels alumnes i primera aproximació a la construcció del model

Després d'una petita introducció sobre la problemàtica que s'intentarà abordar en la sessió i el model al qual fa referència, es mostra un esquema global de la pràctica als alumnes. Al tractar-se d'una pràctica llarga, és habitual que els estudiants perdin el sentit del que estan fent i no vegin la trajectòria global, ni relacionin una activitat amb una altra. A més, al llarg de la pràctica s'han introduït diversos paràgrafs que pretenen connectar el que s'està fent amb el que s'ha realitzat anteriorment o el que es realitzarà. Malgrat els esforços en explicitar l'esquema global de la pràctica, és necessari que l'educador en tot moment vagi aclarint el sentit de les activitats perquè resulta un repte difícil per als alumnes fer-se càrrec del desenvolupament global d'una llarga seqüència.

A continuació, a partir de la lectura d'un fragment de una notícia, s'introdueix en context de la pràctica –la problemàtica de l'acidificació dels oceans– i es convida als alumnes a que expressin el que saben sobre el model d'equilibri químic. Val a dir que la varietat i tipologia de respostes en aquesta qüestió és molt elevada i general. Per tal de concretar el problema a tractar i situar als alumnes, s'introdueix una experiència curta de desplaçament de l'equilibri (nivell macroscòpic): a partir de la reacció de desplaçament del dicromat de potassi a cromat de potassi, s'incita als estudiants a reflexionar sobre el fenomen que s'observa i a construir possibles explicacions teòriques del mateix (nivell submicroscòpic). Aquesta part, especialment al principi, està molt guiada i les preguntes deixen poc marge d'actuació, ja que un excés de llibertat al principi de la seqüència, pot desorientar a l'alumnat, especialment a aquells que no estan molt acostumats a treballar al laboratori i a ser creatius en proposar noves experiències.

La primera secció conclou amb una posada en comú en la que cada grup explica els seus raonaments i el professorat que condueix la sessió intenta crear un diàleg amb els alumnes. Al final d'aquest apartat, s'hauria d'haver discutit sobre el model cineticomolecular aplicat a les reaccions químiques i la reversibilitat de les reaccions químiques. Aquesta primera aproximació al model d'equilibri químic consisteix, doncs, en definir-lo a partir del desequilibri produït per variacions en les concentracions. Al tractar-se d'un primer apartat introductori, és necessari no carregar-lo de contingut excessiu.



Aplicació

En un segon apartat es pretén que els alumnes apliquin els coneixements construïts en l'apartat anterior sobre el model, a una nova reacció. En aquesta situació, el grau de llibertat de l'alumnat sobre les seves possibilitats d'actuació és major, ja que es pretén que cada cop siguin més autònoms en el treball de laboratori i, per tant, que siguin ells mateixos més protagonistes de la construcció del seu model mental. Per tal d'anar refinant progressivament el propi model en construcció (nivell submicroscòpic), a partir d'una reacció química similar (nivell macroscòpic), es convida a reflexionar als alumnes sobre el seu model d'equilibri químic i a proposar actuacions que confirmen o refusen hipòtesis sobre el comportament del sistema en equilibri..

De manera anàloga a l'apartat anterior, l'experiència finalitza amb la posada en comú dels resultats i les aportacions de l'alumnat a la construcció del model. Es preveu també en les posades en comú discutir sobre la igualació de les velocitats de reacció directa i inversa, la seva relació amb el món macroscòpic així com la possibilitat de quantificar l'equilibri. Així mateix, en aquesta posada en comú es realitza una petita dinàmica en la que es simula un equilibri químic a l'engròs i en el que els estudiants fan de molècules. Tot i que l'analogia posseeix algunes limitacions, és molt útil per involucrar als alumnes en la construcció del model i, alhora, permet discutir sobre les condicions del sistema hipotètic en un possible estat d'equilibri. Finalment, a mode de conclusió, es convida als alumnes a que realitzin un resum breu en el seu guió de pràctiques dels aspectes més importants en relació al que han observat i viscut en la pràctica.

Aplicació del model d'equilibri químic a les reaccions àcid – base

Seguint el fil argumental de la notícia de diari presentada a l'inici, es convida als alumnes a realitzar un pas més en la construcció del model d'equilibri químic i a identificar-lo en situacions més concretes. Així doncs, es reflexiona al voltant de l'existència, o no, de l'equilibri en els àcids i les bases, s'introdueix el concepte del pH i s'encara la possible quantificació de l'equilibri tenint present les variables de les que en depèn.

En aquesta part es realitzen dues posades en comú de més curta durada en la que es comparteixen els resultats de les diferents experiències i s'intenten relacionar-los amb els apartats anteriors. Tot i que el submodel àcid – base sigui més concret que el d'equilibri químic i, per tant, més assequible per a l'alumnat, el fet de que els estudiants estiguin cada cop més cansats obliga a dissenyar la seqüència tal i com s'està descrivint. Per altra banda, el fet de que les reaccions àcid – base siguin més concretes que el model general d'equilibri químic també comporta el perill de que els estudiants s'oblidin de la connexió entre el model d'equilibri

Aportacions de futur sobre l'Ensenyament de la Química a Catalunya

químic i el model d'àcid i base. Així doncs, és necessari realitzar un esforç addicional per evidenciar-la.

Tancament del problema de l'acidificació dels oceans

Aquesta és la darrera part experimental que es proposa als estudiants. Pretén relacionar i reforçar la connexió entre el model d'equilibri químic, les reaccions àcid – base i el context. A partir d'una experiència, es proposa als alumnes emular l'acidificació dels oceans amb absència o presència de carbonats i donar explicacions, en base als models construïts, de les diferències entre les dues situacions. Cal destacar, però, que l'experiència és dissenyada pels propis estudiants, de manera que els permet aplicar els coneixements adquirits fins al moment i tenir un marge molt ampli de llibertat per buscar solucions al problema. Les experiències s'acaben amb una breu posada en comú.

En aquesta secció, de la mateixa manera que en la secció següent, es pretén que l'alumnat utilitzi tots els aspectes del model descrits anteriorment en l'elaboració de les explicacions als fenòmens observats i les activitats proposades.

Conclusions de la pràctica

En aquest darrer apartat es proposa als alumnes realitzar un mapa conceptual que serveixi per respondre la pregunta general de la pràctica i els ajudi a relacionar els diferents conceptes tractats, a la vegada que posa de manifest el seu model d'equilibri químic construït. Per tal de facilitar-los la tasca, els estudiants parteixen d'una plantilla mínima que poden modificar per ajustar-la a les seves necessitats.

6. CONCLUSIONS

Si bé és evident la potencialitat i riquesa del model d'equilibri químic, és cert que, per diversos motius, també es tracta d'un dels reptes docents més difícils del currículum de Química de la Secundària. Al llarg d'aquestes pàgines s'han anat discutint diversos aspectes que cal tenir en compte a l'hora de dissenyar un material o activitat al voltant del model d'equilibri químic, com l'existència de concepcions alternatives desenvolupades a partir d'observacions quotidianes o del propi llenguatge científic. Tot i els impediments esmentats, també hi ha recursos que poden ajudar al docent en aquesta tasca, com la utilització d'analogies, la relació dels coneixements amb contextos propers a l'alumnat o el disseny de seqüències progressives i que promoguin la generació, avaluació i modificació dels models dels propis estudiants.



Així doncs, a partir dels diferents aspectes comentats a la bibliografia s'ha dissenyat una pràctica de laboratori per a alumnes de Batxillerat que ha estat implementada, avaluada i refinada en diversos cicles. En la pràctica, que parteix del treball en petit grup de l'alumnat, es proposen una sèrie d'experiències i es convida als estudiants a reflexionar sobre les seves pròpies observacions i concepcions. Tot i que la seqüència descrita ofereix algunes limitacions com, per exemple, que la seva durada llarga la fa poc aplicable en contextos educatius convencionals, el fet d'haver estat avaluada i optimitzada la pot convertir en un bon recurs a tot professorat que es plantegi una tasca similar.

REFERÈNCIES

- [1] Generalitat de Catalunya, "Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya núm. 5183," 2008.
- [2] J. Quílez-Pardo and J. J. Solaz-Portoles, "Students' and Teachers' Misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the Teaching of Chemical Equilibrium.," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 32, no. 9, pp. 939–957, 1995.
- [3] P. J. Garnett, P. J. Garnett, and M. W. Hackling, "Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning," *Studies in Science Education*, vol. 25, no. 1, pp. 69–95, 1995.
- [4] R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, and V. Wood-Robinson, "Part IV: Physical Processes," in *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*, Routledge, 1994.
- [5] J. van Driel and W. Gräber, "The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium," in *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, J. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. Treagust, and J. Driel, Eds. Springer Netherlands, 2003, pp. 271–292.
- [6] L. Viennot, "Quasistatic or causal changes in systems," in *Reasoning in Physics - The part of common sense*, Springer, 2004, pp. 93–117.
- [7] H.-D. Barke, A. Hazari, and S. Yitbarek, *Misconceptions in Chemistry; Addressing Perceptions in Chemical Education*. Berlin: Springer, 2009, p. 287.

Aportacions de futur sobre l'Ensenyament de la Química a Catalunya

[8] N. Sanmartí, "Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza/aprendizaje," in *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*, Madrid: Síntesis Educación, 2002, pp. 169–203.

[9] M. I. Hernández, "Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials," Universitat Autònoma de Barcelona, 2012.

[10] C. Buty, A. Tiberghien, and J. Le Maréchal, "Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching–learning sequences," *International Journal of Science Education*, vol. 26, no. 5, pp. 579–604, Apr. 2004.

[11] N. Ültay and M. Çalık, "A Thematic Review of Studies into the Effectiveness of Context-Based Chemistry Curricula," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 21, no. 6, pp. 686–701, Dec. 2011.